Les tensions parasites

Ferme Legault & Fils, Coteau-du-Lac, comté de Soulanges, propriété de Germain et Aline Legault. - Médaille d'or du Mérite agricole 1985.

Québec

LES TENSIONS PARASITES

Par:

RÉGIS BOILY, ingénieur
Université Laval

et

MICHEL FORTIER, ingénieur et agronome
Service du Génie
MAPAQ

Sainte-Foy, Mars 1986

Nous tenons à remercier messieurs Jean-Louis Robert, ingénieur, de la Direction générale de l'Inspection du ministère du Travail et Jean Bertin Mahieux, de l'Hydro-Québec, qui ont contribué à la révision du texte.

ISBN 2-551-06630-1
Dépôt légal - 2e trimestre 1986
Bibliothèque nationale du Québec

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

LISTE DES SYMBOLES v

INTRODUCTION 1

1.0 NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ 3

1.1 Tension 3
1.2 Courant 3
1.3 Résistance 3
1.4 Loi d'Ohm 4
1.5 Puissance 7
1.6 Transformateur 8
1.7 Réseau de distribution moyenne tension 11
1.8 Réseau de distribution de la ferme 15
1.9 Mise à la terre 19
1.10 Distribution de l'électricité à la ferme 24

2.0 TENSIONS PARASITES 26

2.1 Définition 26
2.2 Application à l'agriculture 27
2.3 Symptômes 29

2.3.1 Difficultés durant la traite 29
2.3.2 Incidence accrue de mammite 30
2.3.3 Hésitation à boire 30
2.3.4 Comptage leucocytaire élevé et changement radical dans le nombre habituel de leucocytes 30
2.3.5 Durcissement des extrémités des trayons 31
2.3.6 Baisse de production 31

2.4 Sources de tensions parasites 32

A) A la ferme 32
B) A l'extérieur de la ferme 33

2.5 Tensions parasites provenant de la ferme 33

2.5.1 Chute de tension dans le neutre secondaire 33
2.5.2 Équipement défectueux 36
2.5.3 Résistance élevée des mises à la terre 38
2.5.4 Débalancement des charges 120 V 39
2.5.5 Court-circuits 39

2.6 Tensions parasites produites hors de la ferme 40

2.6.1 Réseau de distribution primaire 40
2.6.2 Résistance élevée des mises à la terre 42
2.6.3 Équipement défectueux 42
2.6.4 Débalancement du réseau triphasé 43

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

2.6.5 Fermes, résidences, industries voisines 45
2.6.6 Réseau de communication 45

2.7 Polarité des tensions parasites 46

2.8 Tension continue (CC) 48

3.0 MESURE DES TENSIONS PARASITES 49

3.1 Procédure de mesure des tensions parasites (où et comment mesurer) 49

3.1.1 Mise à la terre de référence 49
3.1.2 Mesure de tension avec tige de référence 54
3.1.3 Mesure des courants 55

3.2 Enregistrement des tensions parasites 58

a) Équipement 58
b) Procédure 58
c) Interprétation des résultats 59

3.3 Enregistrement des courants 60

a) Équipement 60
b) Procédure 60
c) Interprétation des résultats 60

3.4 Appareils de mesure 61

3.4.1 Multimètre 61
3.4.2 Pince ampèremétrique 62
3.4.3 Enregistreur de tension 65

4.0 MESURE DE L'ISOLATION DES CONDUCTEURS 68

4.1 Megohmmètre (megger) 68
4.2 Essai d'isolation 69

5.0 RÉSEAU DE MISE A LA TERRE DE LA FERME 71

5.1 Inspection du réseau de mise à la terre 71
5.2 Mesure de la résistance du réseau 72

5.2.1 Mesure de la résistance de mise à la terre 73
5.2.2 Mesure de résistance du réseau de mise à la terre de la ferme 74

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

5.2.3 Mesure de résistance du réseau de mise à la terre d'un bâtiment 77
5.2.4 Mesures correctives 78

6.0 IDENTIFICATION DES SOURCES DE TENSIONS PARASITES ET MÉTHODES CORRECTIVES 79

6.1 Origine des tensions parasites (Essai # 1) 81
6.2 Vérification du balancement des charges 120 V (Essai # 2) 83
6.3 Chute de tension dans le neutre secondaire (Essai # 3) 85
6.4 Identification d'équipements défectueux à la ferme (Essai # 4) .. 89
6.5 Vérification des charges 240 Volts (Essai # 5) 92
6.6 Vérification du réseau téléphonique (Essai # 6) 94
6.7 Résistance de la mise à la terre à la ferme (Essai # 7) 97
6.8 Chute de tension sur le neutre primaire, neutres séparés (Essai # 8) 99

7.0 MESURE ET CORRECTION DES TENSIONS CONTINUES (CC) 103

8.0 RÉDUCTION ET SUPPRESSION DES TENSIONS PARASITES 105

8.1 Tension originant de la ferme 105
8.2 Tension originant en dehors de la ferme 106

8.2.1 Transformateur d'isolation 107
8.2.2 Séparation physique des neutres primaire et secondaire ... 108
8.2.3 Réacteur saturable 110
8.2.4 Filtre électronique 111
8.2.5 Filtre entre la mise à la terre et le neutre secondaire de la ferme 113
8.2.6 Système auxiliaire actif de mise à la terre 114

8.3 Comparaison des dispositifs de suppression des tensions parasites 115

9.0 APPLICATION DES DISPOSITIFS DE RÉDUCTION OU DE SUPPRESSION DES TENSIONS PARASITES AU QUÉBEC 118

A) Filtre de tension à réacteur saturable à la ferme 118
B) Transformateur d'ilosation 119
C) Séparation des neutres primaire et secondaire 119
D) Système auxiliaire actif de mise à la terre 120

9.. Autres méthodes de suppression 120

10. MESURES PRÉVENTIVES 12:

TABLE DES MATIÈRES

		PAGE
10.1	Entretien du réseau de distribution de la ferme	121
10.2	Entretien des équipements électriques	123
10.3	Remplacement d'équipements	123
10.4	Éclairage	124
10.5	Câblage	124
10.6	Équipement téléphonique	124
10.7	Clôture électrique	125
11.0	DÉTECTEUR DE TENSIONS PARASITES	126
12.0	SOURCES DE TENSIONS INDUITES	128
13.0	PLAN ÉQUIPOTENTIEL	130
14.0	FICHE D'ANALYSE DES TENSIONS PARASITES A LA FERME	133
15.0	CONCLUSION	143
16.0	BIBLIOGRAPHIE	144

LISTE DES SYMBOLES

Ω	=	ohm
V	=	tension ou voltage (volt)
R	=	résistance (ohm)
I	=	intensité du courant (ampère)
A	=	ampère
CA	=	courant alternatif
CC	=	courant continu
R_t	=	résistance totale (ohm)
P	=	puissance (Watt ou kiloWatt)
W	=	Watt
kW	=	kiloWatt
V_p	=	tension dans le neutre primaire (volt)
V_s	=	tension dans le neutre secondaire (volt)
I_p	=	courant dans le neutre primaire (ampère)
P_p	=	puissance au primaire
P_s	=	puissance au secondaire
L_1 et L_2	=	conducteurs sous tension dans un circuit 120/240 V
kV	=	kilovolt (1 kilovolt = 1000 volts)
R_{MT}	=	résistance de la mise à la terre (ohm)
V_{MT}	=	tension sur la tige de mise à la terre (volt)
I_N	=	courant dans le neutre
I_1	=	courant dans le conducteur L_1 (ampère)
I_2	=	courant dans le conducteur L_2 (ampère)
R_{NS}	=	résistance du neutre secondaire (ohm)
V_{NS}	=	chute de tension dans le conducteur neutre secondaire entre le transformateur et l'étable (Volt)
V_{NT}	=	chute de tension entre le neutre primaire et la terre (Volt)
I_f	=	courant de fuite
R_f	=	résistance entre le circuit et le châssis du moteur (ohm)
mA	=	milliampère
N_s	=	neutre secondaire
N_p	=	neutre primaire
N	=	neutre
R_p	=	résistance du neutre primaire (ohm)

LISTE DES SYMBOLES (SUITE)

cm	=	centimètre
h	=	heure
m	=	mètre
Hz	=	hertz

INTRODUCTION

Les tensions parasites ont toujours existé. De nos jours, l'utilisation plus grande de l'énergie électrique à la ferme cause davantage de tensions parasites pour lesquelles les troupeaux à haute productivité sont plus sensibles.

L'ampleur du problème est devenu si grand que des interventions énergiques sont nécessaires pour corriger ce phénomène.

Les tensions parasites sont fort variables selon le climat, la nature du sol, les diverses opérations de la ferme et l'emplacement de cette dernière. L'effet des tensions est aussi fort variable.

C'est en production laitière puis en production porcine qu'on a d'abord relié certains problèmes de production et de santé des animaux aux tensions parasites. En Amérique du Nord, on estime qu'environ 15 à 20% des exploitations laitières peuvent être affectées par ce phénomène.

Dans certains cas, les tensions parasites sont difficilement détectables. De plus, l'origine ou la source de ces tensions est souvent multiple de sorte que les correctifs à apporter sont difficiles à identifier. Ces tensions indésirables peuvent être causées aussi bien par le fournisseur d'électricité que par des équipements électriques défectueux dans les bâtiments de ferme et à la maison du producteur ou dans ceux des voisins ou par de mauvaises mises à la terre.

Les travaux de recherche effectués depuis 10 ans et le développement de méthodes de dépistage des tensions et de méthodes de suppression permettent de résoudre aujourd'hui la majorité des problèmes associés aux tensions parasites.

Le présent document définit les tensions parasites, en discute les causes, présente des méthodes de mesure et de suppression et des méthodes préventives. Ce document a été conçu à l'intention des professionnels de l'agriculture, du personnel technique oeuvrant dans le domaine agricole et des autres intervenants dans le domaine.

Il va de soi qu'il faudra, pour quelques personnes, au préalable acquérir des connaissances de base ou réviser certaines notions en matière de distribution et d'utilisation d'énergie électrique à la ferme pour bien comprendre ce document.

1.0 NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ

Les paramètres fondamentaux des circuits électriques sont la tension, le courant et la résistance.

1.1 Tension

Une tension existe lorsque deux points ou bornes sont à des potentiels électriques différents. Une source de tension réalise ceci en maintenant constamment une différence de population d'électrons entre ses bornes. Elle soutire des électrons d'une borne (borne positive) et les accumule sur l'autre (borne négative). Cette différence de potentiel électrique, appelée tension ou voltage, peut être avantageusement comparée à la pression développée par une pompe hydraulique; elle peut exister même en l'absence d'écoulement d'électrons. La tension est exprimée en volt.

1.2 Courant

Si on relie les deux bornes d'une source de tension au moyen d'un conducteur, les électrons en surcroît sur la borne négative se repousseront mutuellement et chasseront les électrons libres du conducteur vers la borne positive. De plus, cette borne positive présentant un manque d'électrons, attirera les électrons libres. L'écoulement d'électrons par le conducteur forme le courant électrique qui est exprimé en ampère.

1.3 Résistance

La résistance d'un corps (conducteur, résistance, etc.) est l'opposition qu'il offre au passage du courant. Elle s'exprime en ohm. Pour une vache laitière, cette résistance varie entre 350 et 400 ohms.

1.4 Loi d'Ohm

Les trois paramètres précédents sont reliés par la loi d'Ohm qui établit que la tension V est égale au produit de la résistance R par le courant I circulant dans le circuit (figure 1).

Loi d'Ohm : $V = RI$

où: V = tension de la source; volt
R = résistance du circuit; ohm
I = courant; ampère

Exemple 1: Une source de tension 120 volts alimente un circuit comportant une résistance de 12 ohms.

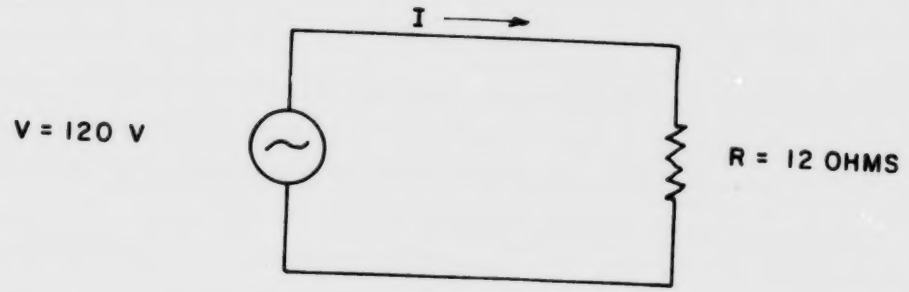


Figure I: Calcul du courant à l'aide de la loi d'Ohm.

Le courant est calculé avec la loi d'Ohm:

$V = RI$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120 \text{ volts}}{12 \text{ ohms}} = 10 \text{ ampères}$$

Le courant provient de la source et retourne à la source.

Exemple 2: Supposons un circuit constitué de 3 résistances en série et d'une source de 120 volts.

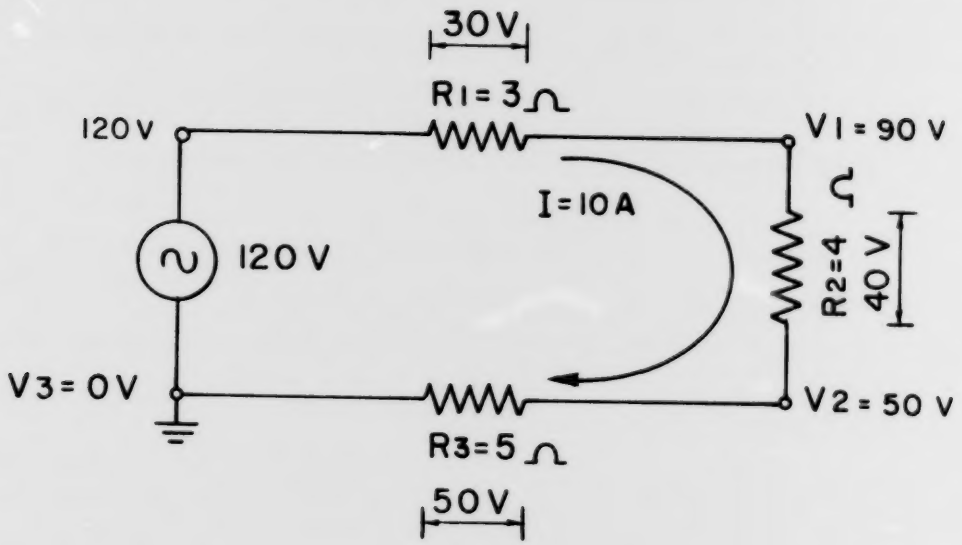


Figure 2: Circuit résistif CA comprenant une source 120 volts et 3 résistances en série.

Montée en série, la résistance totale (R_t) est égale à la somme des résistances individuelles du circuit.

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Selon le circuit de la figure 2, la résistance totale du circuit est alors:

$$R_t = 3 + 4 + 5 = 12 \text{ ohms}$$

En reprenant l'équation de la loi d'Ohm, soit : $V = RI$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120 \text{ volts}}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$I = \frac{120 \text{ volts}}{3 + 4 + 5} = 10 \text{ ampères}$$

Selon la loi d'Ohm, le courant est donc égal à 10 ampères.

Le courart est le même dans tout le circuit mais la chute de tension se produit à chaque résistance individuelle suivant la loi d'Ohm $V = RI$.

A la source : $V_o = 120$ volts

Après la première résistance = $V_1 = 120 - (3 \times 10) = 90$ V

Après la deuxième résistance = $V_2 = 90 - (4 \times 10) = 50$ V

Après la troisième résistance= $V_3 = 50 - (5 \times 10) = 0$

1.5 Puissance

La puissance* d'un circuit électrique est déterminée par le produit de la tension et du courant. Elle peut produire de la chaleur, et opérer les moteurs. La puissance absorbée par chaque résistance est calculée à l'aide de l'équation :

$$P = VI = RI^2$$

où P = puissance, watt
V = tension, volt
I = courant dans la résistance, ampère
R = résistance, ohm

Pour chaque résistance, la puissance absorbée est égale à :

$P_1 = V_1 I = 30 \times 10 = 300$ W
$P_2 = V_2 I = 40 \times 10 = 400$ W
$P_3 = V_3 I = 50 \times 10 = 500$ W

La puissance totale est égale à :

$$P_1 + P_2 + P_3 = 300 + 400 + 500 = 1200 \text{ W}$$

Elle est aussi égale à la puissance produite par la source, laquelle est égale à :

$$VI = 120 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 1200 \text{ W}$$

Dans les réseaux de distribution, les conducteurs sont raccordés en série depuis la source de tension jusqu'à la charge à la ferme; la résistance totale des circuits est alors la somme des résistances de chaque conducteur en série et des

---

* Pour simplifier ce document, seules les charges résistives seront considérées.

résistances des jonctions entre les conducteurs. Pour réduire les chutes de tension dans les conducteurs, il faut soit utiliser de plus gros conducteurs, soit des tensions plus élevées pour réduire le courant.

Pour transporter économiquement l'énergie électrique sur de grandes distances, les réseaux à tension élevée sont donc utilisés afin de minimiser les chutes de tension et les pertes de puissance dans les conducteurs.

1.6 Transformateur

Le transformateur réduit la tension de la ligne d'alimentation du fournisseur d'électricité à une tension plus basse d'utilisation et avec une perte de puissance très faible.

La tension d'alimentation du fournisseur d'électricité est généralement de 14 400 Volts; le transformateur abaisse la tension à 120/240 Volts. Si on néglige les pertes, la puissance au primaire égale la puissance au secondaire.

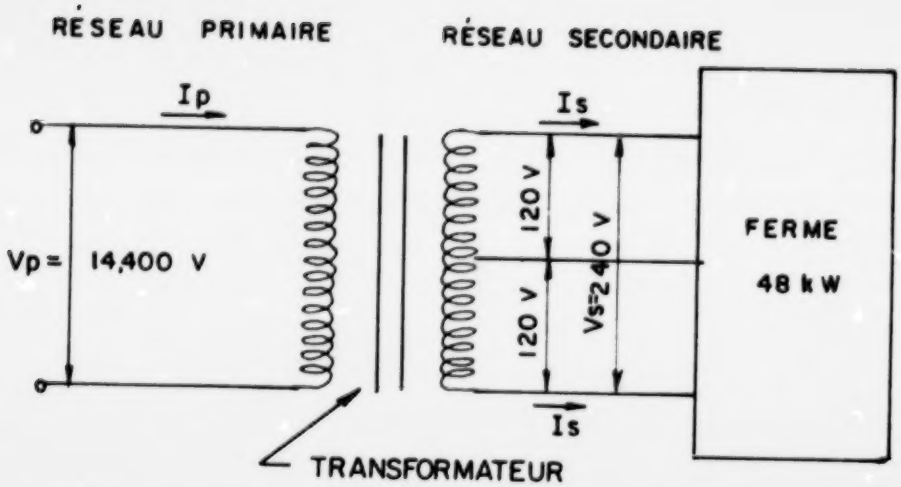


Figure 3 : Schéma de raccordement d'une ferme à une ligne moyenne tension de 14 400 volts.

$$P_p = P_s$$

$$V_p I_p = V_s I_s$$

où : V_p = tension au primaire; volt
V_s = tension au secondaire; volt
I_p = courant au primaire; ampère
I_p = courant au secondaire; ampère
P_p = puissance au primaire; watt
P_s = puissance au secondaire; watt

Le transformateur isole complètement le circuit primaire du circuit secondaire.

La tension entre les conducteurs L_1 et L_2 est de 240 volts tandis qu'elle est de 120 volts entre L_1 ou L_2 et le neutre secondaire (Voir figure 3). Les neutres primaire et secondaire sont reliés ensemble au niveau du transformateur.

Le neutre secondaire ou primaire est un conducteur qui, dans un circuit monophasé ou polyphasé, maintient une tension telle que les différences de tension entre ce conducteur et chacun des autres soient approximativement égales en amplitude et également espacées en phase. Les neutres secondaire et primaire sont mis à la terre à l'aide d'une prise de terre, ils sont à une tension nominale de 0 volt puisque le potentiel de la terre est nul.

Exemple 3: Calcul des courants primaire et secondaire

L'exemple suivant illustre la méthode de calcul des courants dans les réseaux primaire et secondaire de distribution. Une ferme absorbe 72 000 watts à 240 volts. Les courants I_1 et I_2 sont égaux à :

$$I_1 = I_2 = \frac{72000 \text{ watts}}{240 \text{ V}} = 300 \text{ A}$$

Courant dans le neutre primaire

Le courant primaire, I_p est réduit dans la même proportion que la tension au secondaire.

Le courant primaire, I_p est alors égal à:

$$I_p = \frac{300\text{A} \times 240 \text{ V}}{14\,400 \text{ V}} = 5 \text{ A}$$

Le courant doit retourner à la source électrique (poste électrique) par le neutre primaire et par le sol, en fonction inverse des impédances du neutre primaire et du sol. En général, environ 50 à 70% du courant retourne au poste électrique par le sol, le reste retournant par le neutre primaire.

1.7 Réseau de distribution moyenne tension

Le réseau de distribution primaire ou moyenne tension distribue l'énergie électrique aux fermes. Un réseau est illustré à la figure 4. Le réseau est constitué des éléments suivants:

- poste électrique;
- ligne de distribution;
- transformateur d'alimentation;
- réseau de mise à la terre.

- Poste électrique

Le poste électrique incorpore un transformateur qui abaisse à 25 000 volts la tension triphasée d'un réseau haute tension. La haute tension est généralement 69 kV ou 120 kV. Le neutre du circuit triphasé de 25 kV est mis à la terre à l'aide d'une grille enfouie dans le sol.

- Ligne de distribution

La ligne de distribution origine du transformateur du poste électrique et elle dessert les fermes. Elle est alors triphasée à 25 kV et elle comporte 3 phases ou conducteurs entre lesquels existe une tension de 25 kV. Le conducteur neutre est à une tension nominale de 0 volt.

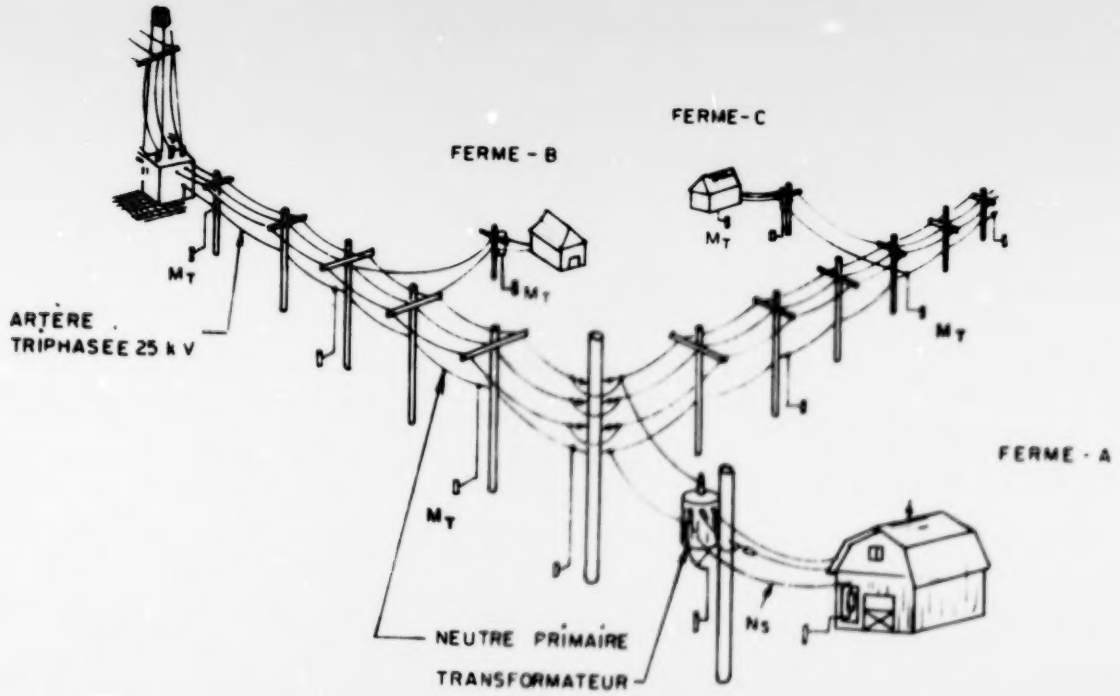


Figure 4: Réseau de distribution électrique

La ligne peut aussi être monophasée; elle est alors dérivée de la ligne triphasée, à partir d'une phase et du conducteur neutre. La tension est alors de 14.4 kV (figure 4).

- Transformateur d'alimentation

Chaque ferme est habituellement alimentée par un transformateur individuel qui abaisse la tension de 14.4 kV ou 25 kV à la tension 120/240 volts. Le primaire du transformateur est raccordé au réseau moyenne tension. Le secondaire du transformateur alimente la ferme qui opère à 120/240 volts.

Les conducteurs neutres primaire et secondaire sont raccordés ensemble au niveau du transformateur (figure 5).

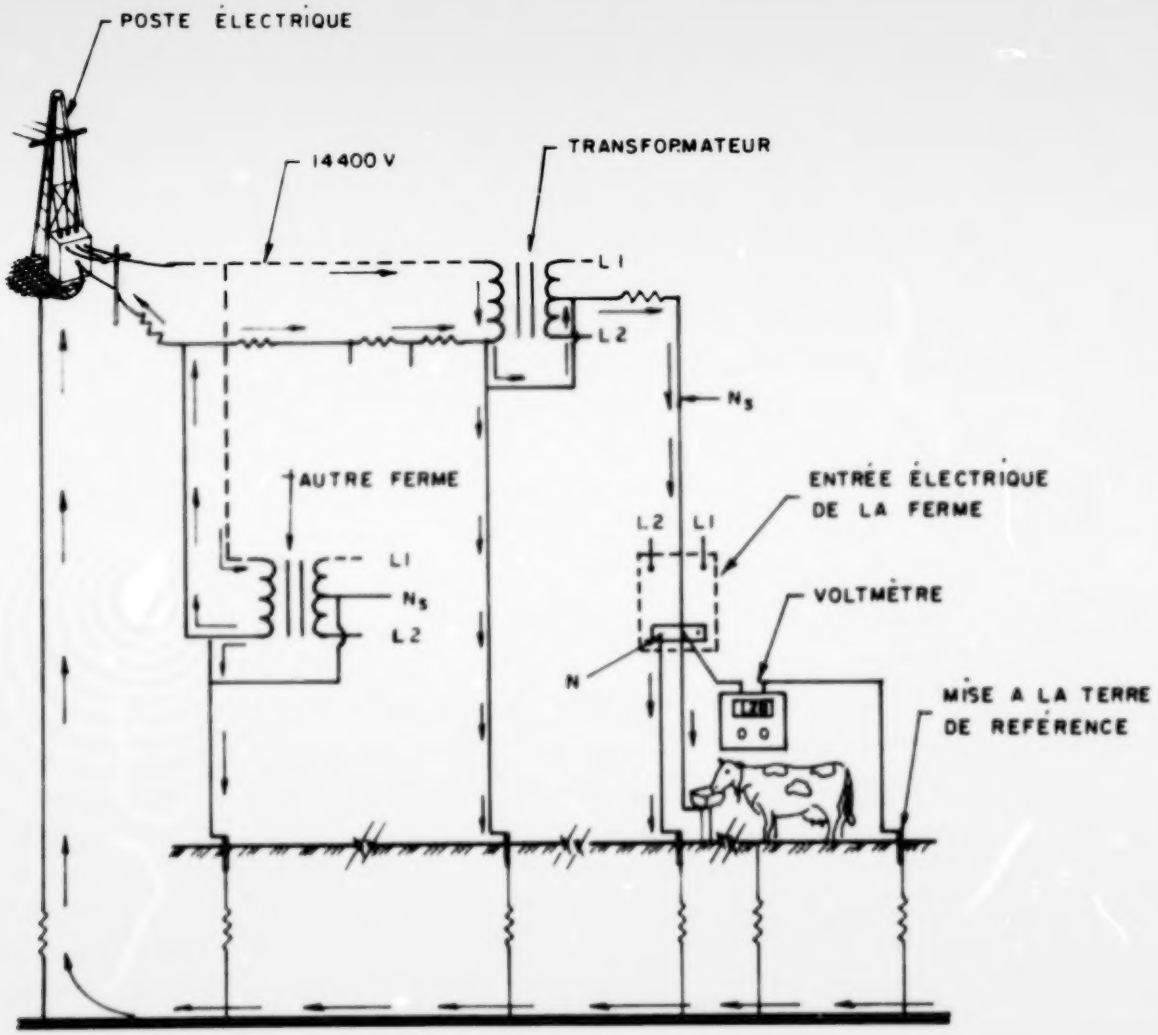


Figure 5: Schéma du réseau électrique

- Réseau de mises à la terre

Le conducteur neutre du réseau moyenne tension, aussi appelé neutre primaire, est raccordé à la terre à l'aide de mises à la terre. Les mises à la terre sont installées à divers points le long de la ligne de distribution. Une mise à la terre est aussi installée à chacun des transformateurs alimentant les fermes et les clients du fournisseur d'électricité. L'ensemble des mises à la terre forme le réseau de mise à la terre du réseau moyenne tension.

La résistance des mises à la terre individuelles peut varier de quelques ohms à plusieurs centaines d'ohms selon la conductivité électrique du sol. La résistance totale du réseau de mise à la terre est normalement comprise entre quelques dizièmes d'ohms et 5 ohms.

Circulation des courants primaires

Le réseau de distribution moyenne tension du fournisseur forme un circuit électrique complexe, ainsi que l'indique la figure 5. Le circuit résistif décrit bien le réseau moyenne tension pour des conditions stables.

Le courant provenant du primaire du transformateur retourne au poste électrique par le conducteur neutre primaire et par les mises à la terre à travers la terre. Il existe une multitude de chemins par où le courant peut retourner à la sous-station comme le montre la figure 5. 30 à 50% du courant primaire peut retourner par le neutre primaire, tandis que l'autre partie du courant retourne par le sol.

Tension sur le neutre primaire

La terre est un potentiel nul. Le neutre primaire n'est pas à 0 volt parce que la tige de mise à la terre enfoncée dans le sol ne fait pas un contact parfait. Il existe une résistance à la circulation du courant dans l'interface tige-terre. La circulation de courant dans la tige de mise à la terre crée une différence de potentiel entre la terre et la tige, et donc entre la terre et le neutre primaire.

Cette différence de potentiel devient une source de tension parasite lorsqu'elle "vue" par les animaux.

1.3 Réseau de distribution de la ferme

Le réseau de distribution de la ferme distribue l'énergie électrique aux divers bâtiments de la ferme. La tension monophasée est 120/240 Volts. Le réseau comprend 2 conducteurs sous tension L_1 et L_2 et le conducteur neutre secondaire.

Les figures 6 et 7 illustrent le réseau de distribution aux bâtiments.

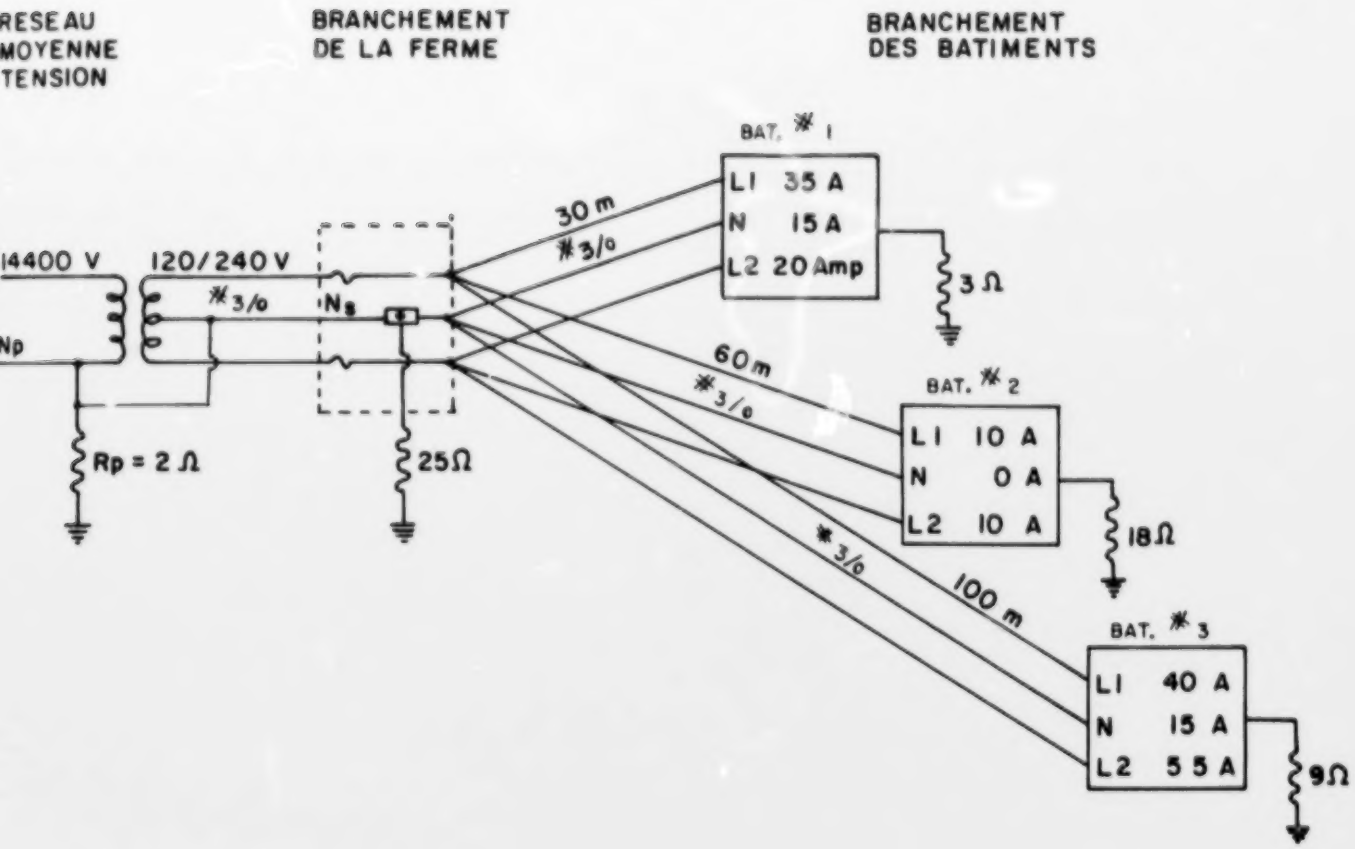


Figure 6: Schéma d'un réseau de distribution électrique aux bâtiments de ferme.

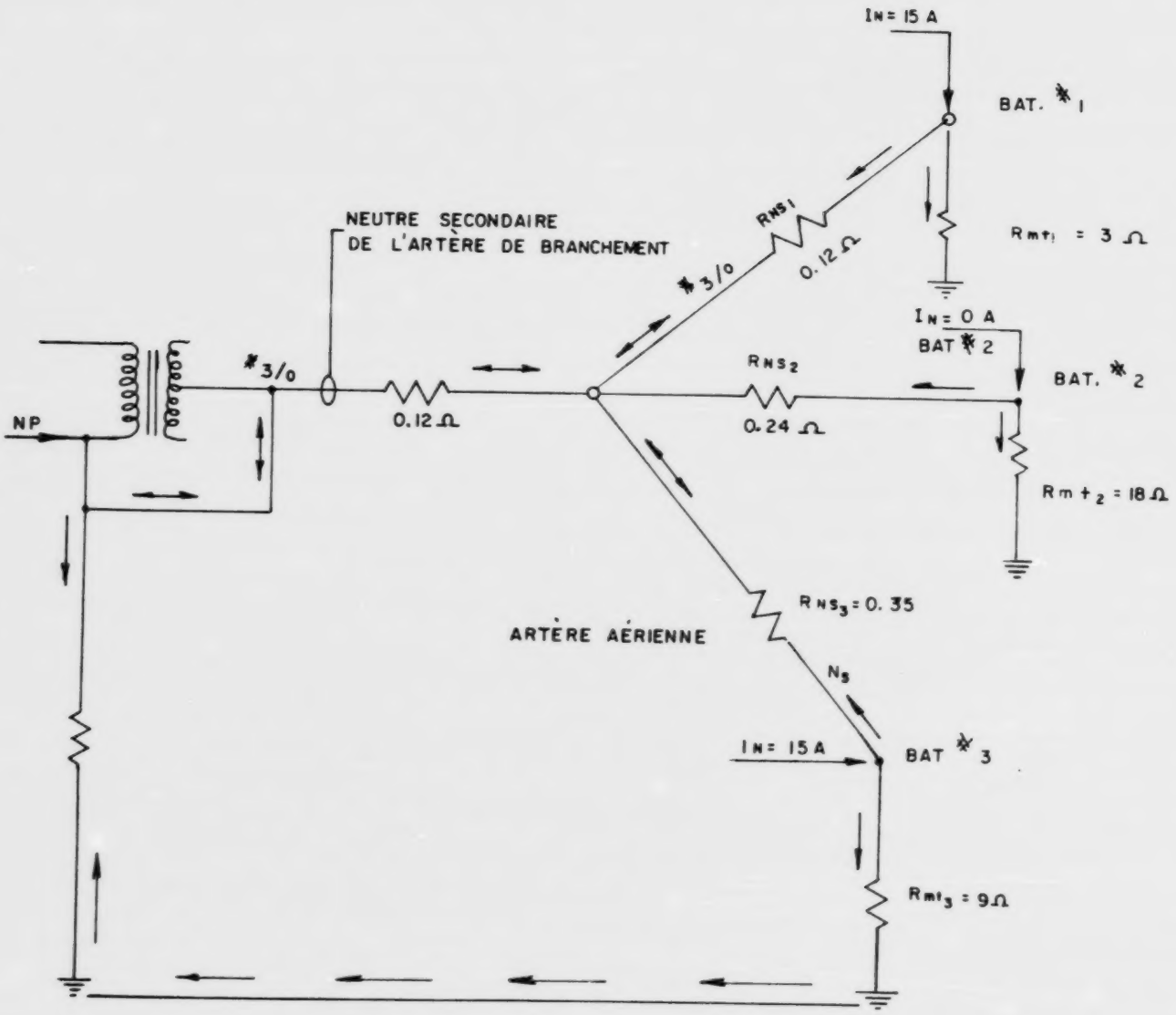


Figure 7: Modèle résistif du réseau de distribution électrique à la ferme. Circulation des courants.

Composantes du réseau à la ferme

Les principales composantes du réseau de distribution de la ferme sont:

a. le branchement principal ou entrée électrique de la ferme;

b. l'artère de branchement qui transporte l'énergie du transformateur au branchement de la ferme;

c. les artères aériennes qui transportent l'énergie du branchement de la ferme aux divers bâtiments;

d. les branchements de chacun des bâtiments.

Le branchement de la ferme distribue l'énergie électrique aux bâtiments de la ferme.

Les branchements des bâtiments distribuent l'énergie aux diverses charges électriques tels les moteurs, le chauffage et l'éclairage.

Neutre secondaire

Le conducteur neutre secondaire est:

- mis à la terre dans le branchement principal de la ferme;
- mis à la terre dans le branchement de chaque bâtiment;
- raccordé au neutre primaire au niveau du transformateur;
- mis à la terre au transformateur.

Réseau de mise à la terre

Le réseau de mise à la terre comprend les mises à la terre du branchement principal et des branchements de chacun des bâtiments, ainsi que le puits ou le réseau d'aqueduc.

Chaque tige de mise à la terre présente une résistance à la circulation du courant vers la terre. La résistance individuelle des mises à la terre peut varier de 2 à 200 ohms.

La résistance du réseau de mise à la terre est la résistance équivalente de toutes les mises à la terre auxquelles s'ajoutent les pièces métalliques en contact avec la terre. La résistance du réseau de mise à la terre de la ferme peut varier de quelques ohms à quelques dizaines d'ohms. La résistance varie avec le type de sol et la conductivité électrique de la terre.

La résistance du réseau de mise à la terre de la ferme peut être basse même si celle d'un bâtiment est élevée. Comme les réseaux de mise à la terre de la ferme et du fournisseur d'électricité sont inter-reliés, la résistance totale est plus basse que celle du réseau de mise à la terre de la ferme seule.

L'interconnexion des neutres primaire et secondaire fait que les tensions sur le neutre primaire apparaissent sur le neutre secondaire de la ferme. De plus, des courants peuvent provenir du neutre primaire et circuler dans le neutre secondaire, comme le montrent les figures 6 et 7.

Le neutre secondaire n'est pas à une tension nulle par rapport à la terre; la différence de tension est due à la circulation des courants dans les mises à la terre de la ferme. Pour éliminer les tensions, il faudrait une résistance nulle des tiges de mise à la terre ou un courant nul; ces deux cas sont impossibles physiquement.

Mise à la terre des équipements

Les équipements métalliques et les châssis des équipements électriques dans un bâtiment d'élevage sont tous mis à la terre selon les prescriptions du Code d'Électricité du Québec (figure 8).

La tension sur le neutre secondaire apparaît aussi sur les équipements car le neutre secondaire est relié à la mise à la terre (figure 8).

1.9 Mise à la terre

La mise à la terre est une liaison avec la terre obtenue au moyen d'une prise de terre. La prise de terre est faite d'une tige ou plaque métallique (acier ou cuivre) enfoncée dans la terre. Selon le Code d'Électricité, le neutre secondaire doit être mis à la terre à l'aide d'un conducteur de cuivre relié à la prise de terre.

Tous les appareillages électriques doivent être reliés à la mise à la terre d'un bâtiment (figure 8) afin de protéger le personnel et les animaux au cas où l'un des appareils développerait un défaut d'isolation et deviendrait sous tension ou en cas de chute de la foudre sur le bâtiment; sans mise à la terre, il y aurait risque d'électrocution. La figure 8 montre le système de mise à la terre à la ferme.

La terre est à une tension de référence de 0 volt. Il existe une résistance entre la tige de mise à la terre et le sol qui entoure la tige; cette résistance, Rmt, varie de quelques dixièmes d'ohms à 200 ohms selon le type de sol et son humidité. En général, plus le sol est humide, plus la résistance Rmt est basse. A cause de la résistance Rmt, la tige de référence est élevée à un potentiel Vmt, par rapport à la terre lorsqu'un courant y circule. Cette tension Vmt existe entre le conducteur neutre et la terre et force les conducteurs de mise à la terre d'un bâtiment à une tension plus élevée que le sol.

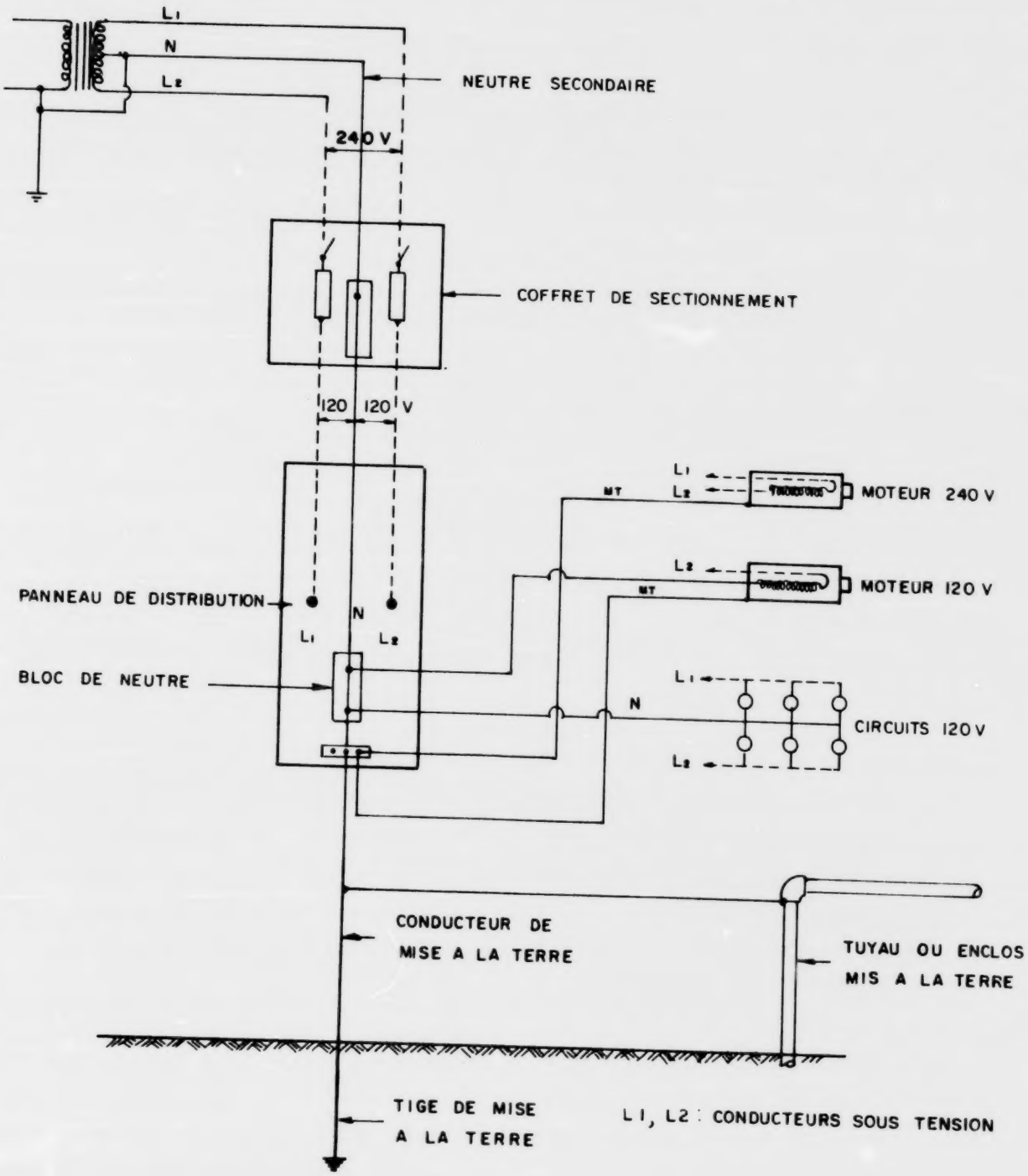


Figure 8: Réseau de mise à la terre à la ferme.

Exemple # 4

Un courant de 2A provient du primaire du transformateur alimentant la ferme C; ce courant retourne au poste électrique.

Courant total : 2A
Neutre primaire: 1.8 A
Mise à la terre du transformateur: 2 - 1.8 = 0.2 A
Résistance de mise à la terre au transformateur de la ferme = 10 ohms

La tension entre la mise à la terre et la terre, V_{mt} =

$V_{mt} = R_{mt} \times I_p$

$V_{mt} = 10 \times 0.2 \text{ A} = 2 \text{ volts}$

La tension V_{mt} apparaît sur le réseau du fournisseur d'électricité, sur le réseau de la ferme et sur les équipements métalliques de la ferme. Elle constitue une source de tension parasite due au réseau primaire moyenne tension, si les neutres primaire et secondaire sont reliés.

La réduction de la tension V_{mt} peut être obtenue en réduisant la résistance R_{mt} de la mise à la terre du transformateur. La réduction de tension ne sera pas proportionnelle à la diminution de R_{mt} car le courant primaire retourne au poste électrique par une multitude de trajets. En dépit des efforts pour réduire R_{mt} en un point du réseau, souvent la tension variera très peu, car le courant dans la mise à la terre augmentera, neutralisant ainsi les effets de la réduction de R_{mt}.

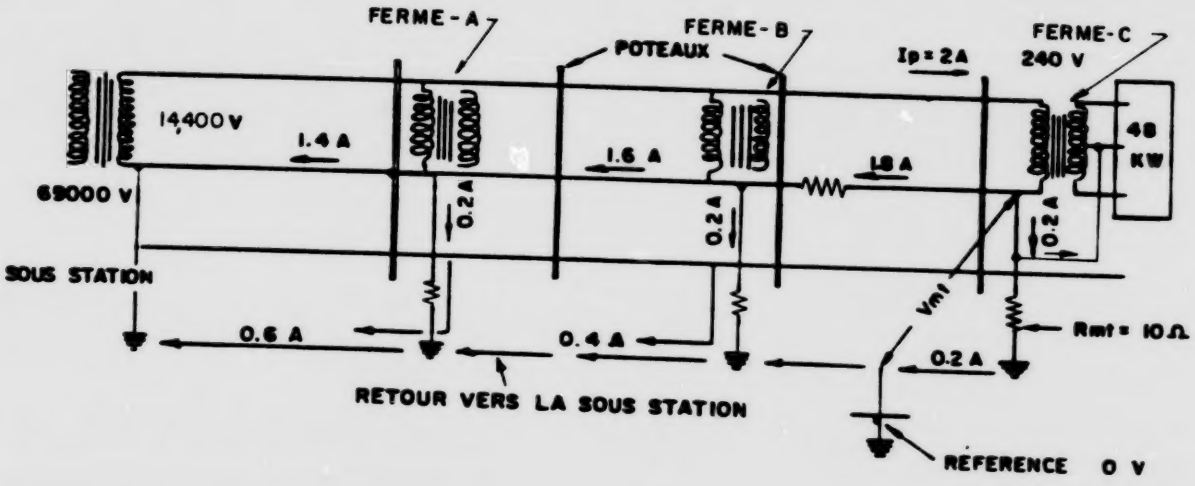


Figure 9: Circulation des courants primaires dans le neutre primaire et le sol pour les réseaux électriques moyenne tension.

Les tensions créées par la résistance au passage du courant dans la mise à la terre de chaque transformateur entre la ferme et le poste électrique s'additionnent de sorte que les tensions parasites sur le neutre en général augmentent à mesure que l'on s'éloigne du poste électrique. Une tige de mise à la terre plus longue ou une deuxième tige aidera à réduire la résistance R_{mt} et aussi les tensions sur le neutre.

Dans le cas d'une étable, les équipements métalliques sont généralement à une tension plus élevée que le plancher de béton en contact avec le sol. La différence de potentiel entre le plancher et les équipements est une tension parasite qui sera perçue par les animaux.

Pour illustrer le profil des tensions sur le neutre primaire d'un réseau de distribution, un réseau de 10 kilomètres a été modélisé à l'aide de résistances.

Le réseau comporte deux mises à la terre par kilomètre; le conducteur neutre primaire a une résistance de 0.7 ohm par kilomètre; il y a une ferme par kilomètre. La résistance de terre au poste électrique est fixée à 0.25 ohm.

La figure 10 montre le profil de la tension sur le neutre primaire d'une ligne monophasée de 14.4 kV. La tension augmente à mesure que l'on s'éloigne du poste électrique. La tension est maximale à l'extrémité de la ligne de 10 kilomètres.

A peu de distance du poste électrique, la tension devient nulle; la tension CA sur le neutre primaire est polarisée.

La résistance de la mise à la terre du transformateur alimentant la ferme no 5 au kilométrage 5.5 a été variée de 2 à 1000 ohms. La réduction de la mise à la terre vis-à-vis la ferme no 5 de 1000 ohms à 10 ohms diminue seulement de 2 volts la tension sur le neutre primaire. L'amélioration de la mise à la terre par un facteur de 1000/10 ou de 100 n'entraîne pas une diminution de tension de 100.

Les mises à la terre et le neutre primaire forment un réseau dans lequel se répartissent les courants. Il faut améliorer toutes les mises à la terre pour réduire sensiblement la tension sur le neutre primaire.

La réduction de la résistance de mise à la terre à 2 ohms au kilométrage 5.5 diminue de 5 volts la tension de la ferme no 5 vers la ferme no 10.

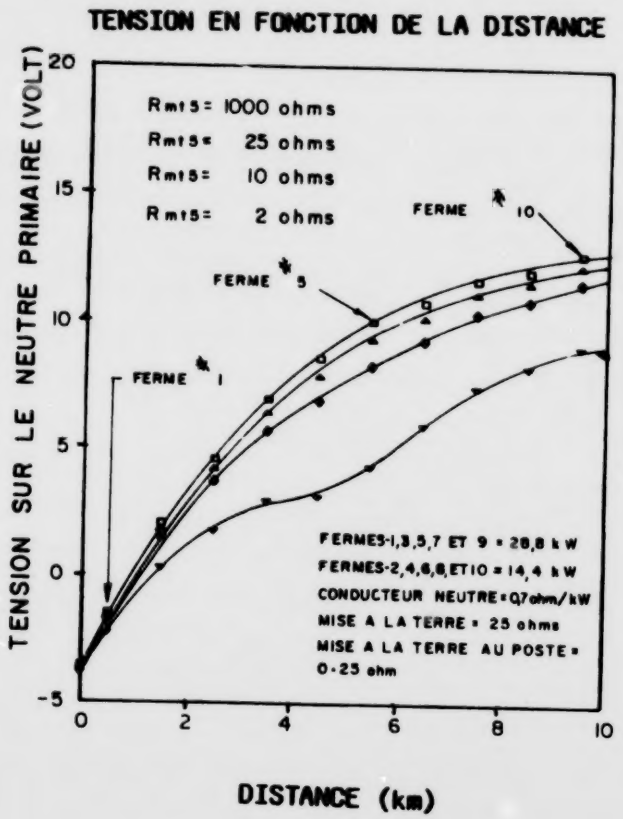


Figure 10: Tension sur le neutre primaire d'une ligne de distribution 14 000 Volts de 10 kilomètres.

1.10 Distribution de l'électricité à la ferme

La figure 11 représente une ligne de distribution de moyenne tension (généralement 14.4 kV). Le transformateur abaissera la tension à 120/240 V permettant au client de l'utiliser. Une ligne de distribution triphasée 25 kV peut aussi alimenter en 347/600 V les grosses exploitations agricoles.

RESEAU PRIMAIRE MOYENNE TENSION

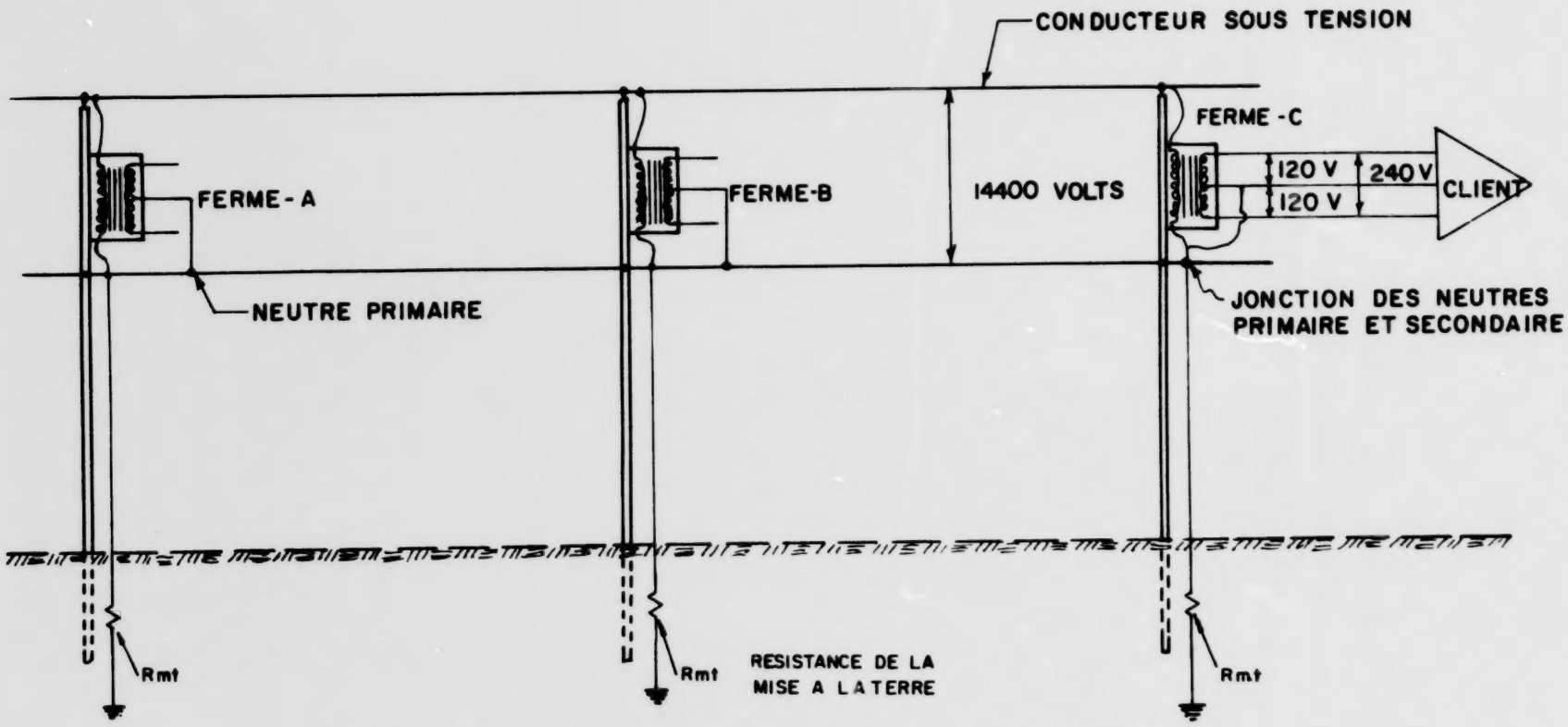


Figure 11 : Schéma d'une ligne de distribution moyenne tension.

2.0 TENSIONS PARASITES

2.1 Définition

Une tension parasite est la différence de potentiel qui existe entre deux points susceptibles d'être touchés en même temps par un animal.

A la ferme, la tension parasite est une tension qui apparaît entre les équipements de l'étable et le plancher. Les équipements métalliques sont reliés au neutre secondaire par les conducteurs de mise à la terre.

L'une des premières causes et généralement la plus connue, des tensions parasites, est la tension entre le neutre et la terre. Au chapitre 1.0, nous avons défini ces termes ainsi que la relation entre les deux.

Toutes les fermes sont alimentées en énergie électrique par un réseau de distribution. Le réseau de distribution primaire moyenne tension et le réseau de distribution secondaire basse tension et tous les équipements électriques sont mis à la terre. Les mises à la terre, la terre et tout le réseau de distribution constituent un réseau électrique complexe dans lequel circulent des courants.

Chaque partie du réseau de mise à la terre, les conducteurs neutres, les jonctions, la terre et le contact entre les tiges de mise à la terre, offre une certaine résistance au passage du courant électrique. Il existe des différences de potentiel ou tension entre chaque point du réseau de mise à la terre, chaque fois qu'un courant circule dans le réseau de mise à la terre.

2.2 Applications à l'agriculture

Dans le cas des vaches en lactation, le seuil de sensibilité selon les références actuelles est de 0.5 à 0.6 Volt CA pour des tensions alternatives. A plus d'un volt, la plupart des vaches présentent un comportement anormal à la traite et des problèmes de santé.

Dans le cas des porcs, selon des informations préliminaires, le seuil de sensibilité serait inférieur à celui des vaches.

Plus la tension est élevée, plus les troubles sont sérieux. Pour ce qui est des tensions continues (CC), un manque de données sur ses effets sur les animaux ne permet pas d'en préciser le seuil de tolérance.

Des études plus poussées sur le sujet devraient être effectuées pour identifier les problèmes potentiels susceptibles d'être causés par ces tensions CC.

La figure 12 montre comment une vache à lait logée dans une étable à attaches peut être soumise à plusieurs points de potentiels différents. La partie avant de la vache repose habituellement sur une surface sèche, mais touche à des structures métalliques. La partie arrière de l'animal touche une surface humide (pavé de la stalle).

La vache sera soumise à des tensions parasites si les structures métalliques sont à des potentiels différents du pavé de la stalle. On peut noter des différences de potentiel entre un point de référence (ex. abreuvoir) et différents endroits susceptibles d'être en contact avec la vache:

- les pattes avant de la vache reposent sur du béton à une tension V_1;
- les pattes arrière reposent sur du béton humide à une tension V_2;

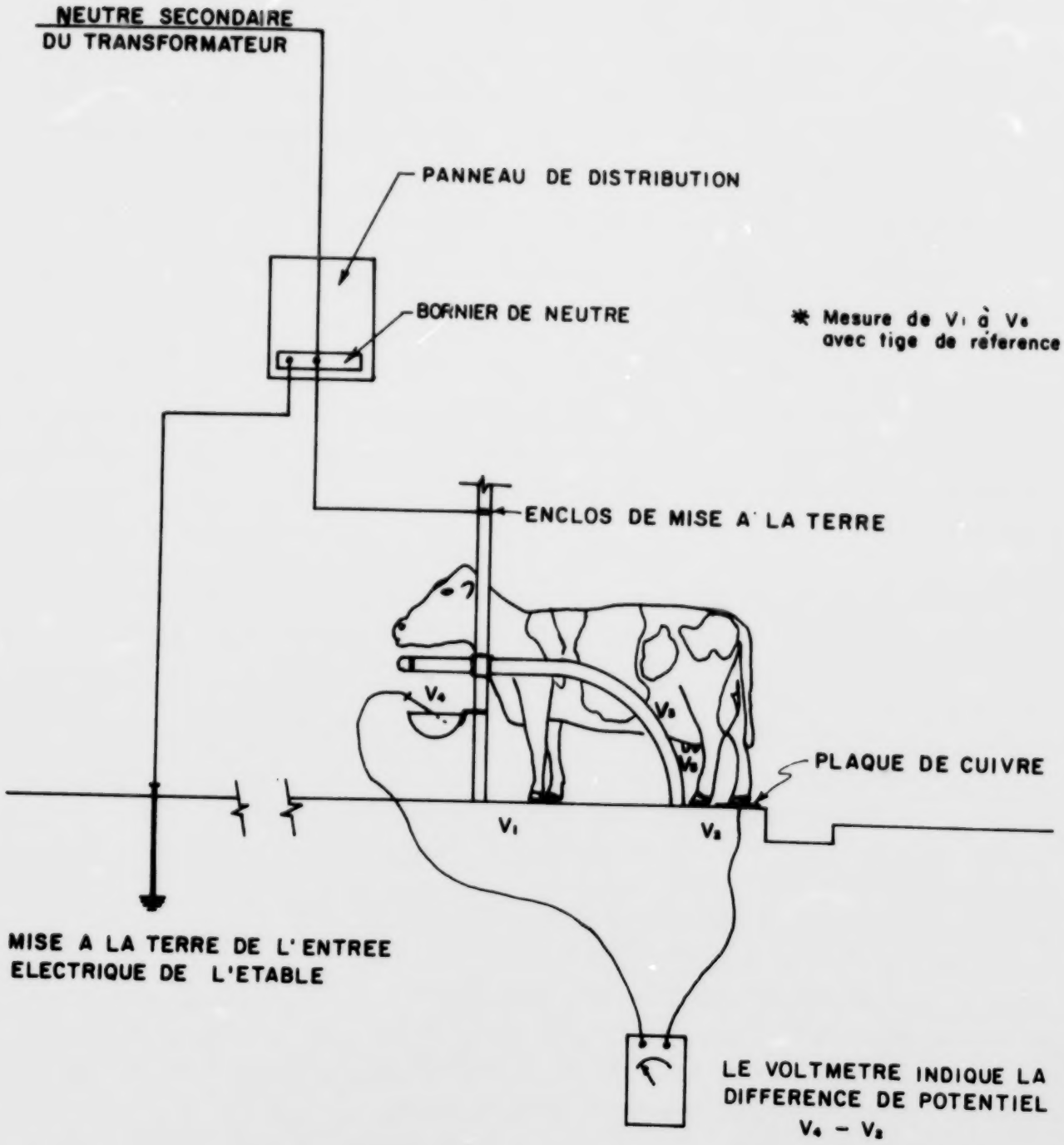


Figure 12 : Points de contact possible de l'animal avec différentes sources de tension dans l'étable.

- les quartiers arrière et les flancs de l'animal touchent les tuyaux d'acier ancrés dans le béton et soumis à un potentiel V_3;
- la tête, le museau et la langue touchent les carcans ou l'abreuvoir à un potentiel V_4;
- lorsque les manchons sont installés sur les trayons de la vache et que le lait commence à circuler, le lait, qui est un bon conducteur électrique, relie le pis de l'animal à la pompe à lait à un potentiel V_5.

Les différentes de tension entres les points V_1, V_2, V_3, V_4 et V_5 font circuler du courant dans l'animal. La seule façon de résoudre le problème consiste à créer un plan équipotentiel dans lequel V_1, V_2, V_3, V_4 et V_5 sont égales ou d'éliminer ces tensions. Le plancher de béton du bâtiment est généralement à un potentiel se situant près de celui de la terre, soit 0 volt.

2.3 Symptômes

L'animal réagira en fonction de l'amplitude des tensions parasites. Les effets attribuables aux tensions parasites peuvent aussi provenir d'autres causes, telles l'alimentation, la machine de traite et la manipulation des animaux.

2.3.1 Difficultés durant la traite

- Vaches plus nerveuses (coups de queue, sautillement, etc.);
- Rétention du lait;
- Vaches plus longues à traire;
- Vaches ruent lors de l'installation des manchons trayeurs. Souvent les vaches réussissent avec leurs ruades à décrocher les manchons.

Le stress résultant de la peur d'un éventuel choc électrique devient un réflexe conditionné qui fait qu'au moment de l'installation des manchons trayeurs, les vaches se contractent les muscles et prennent des positions inhabituelles en

comparaison d'une traite normale; (les vaches arrondissent le dos, se placent la queue entre les pattes). Souvent, les vaches veulent par leur ruade arracher l'unité de traite.

Dans le cas des salles de traite, les vaches peuvent refuser ou hésiter à entrer dans l'enceinte de traite.

2.3.2 Incidence accrue de mammite

La mammite peut devenir chronique et les frais vétérinaires augmenter sensiblement.

2.3.3 Hésitation à boire

En présence de tensions parasites sur les abreuvoirs, les animaux hésitent à boire et dans les cas sérieux, la consommation d'eau et d'aliment est réduite, ce qui occasionne une réduction de rendement. Dans le cas des vaches, la partie du plancher située sous l'abreuvoir est souvent mouillée: "on dit alors que les vaches jettent de l'eau".

2.3.4 Comptage leucocytaire élevé et changement radical dans le nombre habituel de leucocytes

Quand le pis de la vache est infecté ou irrité, par une surtraite résultant des tensions parasites, pour combattre cette infection ou cette blessure, la vache produira ces cellules ou leucocytes en nombre supérieur, les leucocytes se retrouvent dans le lait en plus grand nombre.

Souvent, quand survient le phénomène des tensions parasites, le nombre de leucocytes présents dans le lait s'élève de façon radicale. Notons que ces leucocytes aussi appelés cellules sommatiques sont des cellules produites par la vache pour combattre une infection quelconque. A noter que ces cellules sont déjà présentes dans le sang et ne font qu'augmenter considérablement pour réagir à une infection.

Lors de l'échantillonnage de ce lait par la laiterie, le nombre de leucocytes est déterminé et si ce nombre est trop élevé, le lait est déclassé ou tout simplement rejeté, ce qui se traduit par des pertes monétaires pour le producteur. Il peut aussi y avoir des poursuites et des amendes pour des décomptes de 750 000 cellules sommatiques et plus par millilitre de lait.

2.3.5 Durcissement des extrémités des trayons

La surtraite qui peut être occasionnée par les tensions parasites peut causer une irritation des sphincters et l'apparition d'une oréole blanche dure et sensible sur le pourtour du sphincter. De plus, la rétention du lait occasionnant une traite plus longue, l'augmentation des leucocytes et la mammite peuvent aussi être causées par les tensions parasites.

2.3.6 Baisse de production

Les tensions parasites peuvent occasionner dans la très grande majorité des cas une réduction de la production laitière. Plus le niveau des tensions parasites est élevé et plus longue est la durée d'exposition, plus la réduction de production et l'ampleur des problèmes sont considérables.

En conclusion

L'ensemble des symptômes précédents provoque un changement dans le comportement de l'animal. Pour les vaches laitières une baisse de production de lait en résulte souvent. L'ensemble des problèmes est créé par le stress de peur occasionné par les tensions parasites.

Cependant, tous les symptômes ne relèvent pas nécessairement des tensions parasites mais peuvent aussi résulter d'une mauvaise alimentation, du système de traite défectueux ou mal ajusté, d'une manipulation trop brusque des animaux, d'une régie inadéquate de l'ensemble des opérations, de l'utilisation de dresseurs et de bâtons électriques, du changement de personnel ou d'un personnel inexpérimenté.

2.4 Sources de tensions parasites

Les tensions parasites proviennent soit de la ferme, soit de l'extérieur de la ferme. Les sources des tensions neutre-terre ou parasites à la ferme sont les suivantes:

A) A la ferme

- chute de tension dans le neutre secondaire;
- équipement défectueux;
- résistance élevée des mises à la terre à la ferme;
- débalancement des charges de 120 volts;
- court-circuits.

B) A l'extérieur de la ferme

1) Réseau de distribution primaire moyenne tension

- chute de tension dans le neutre primaire;
- résistance élevée des mises à la terre;
- équipement défectueux (condensateur, inductance, fusibles, mise à la terre, interrupteur et transformateur);
- débalancement du réseau triphasé;
- courant de retour dans un embranchement monophasé.

2) Fermes / résidence / industries voisines

- équipement défectueux

3) Divers

- réseau téléphonique;
- réseau de communications.

2.5 Tensions parasites provenant de la ferme

2.5.1 Chute de tension dans le neutre secondaire

La chute de tension dans le neutre secondaire est créée par la circulation de courant dans le conducteur neutre du branchement aérien reliant la ferme au neutre secondaire du transformateur d'alimentation, soit par la circulation de courant dans le neutre de l'artère aérienne reliant un bâtiment au branchement de la

ferme. Le courant circulant dans le neutre secondaire provient des charges 120 V à la ferme et du neutre primaire.

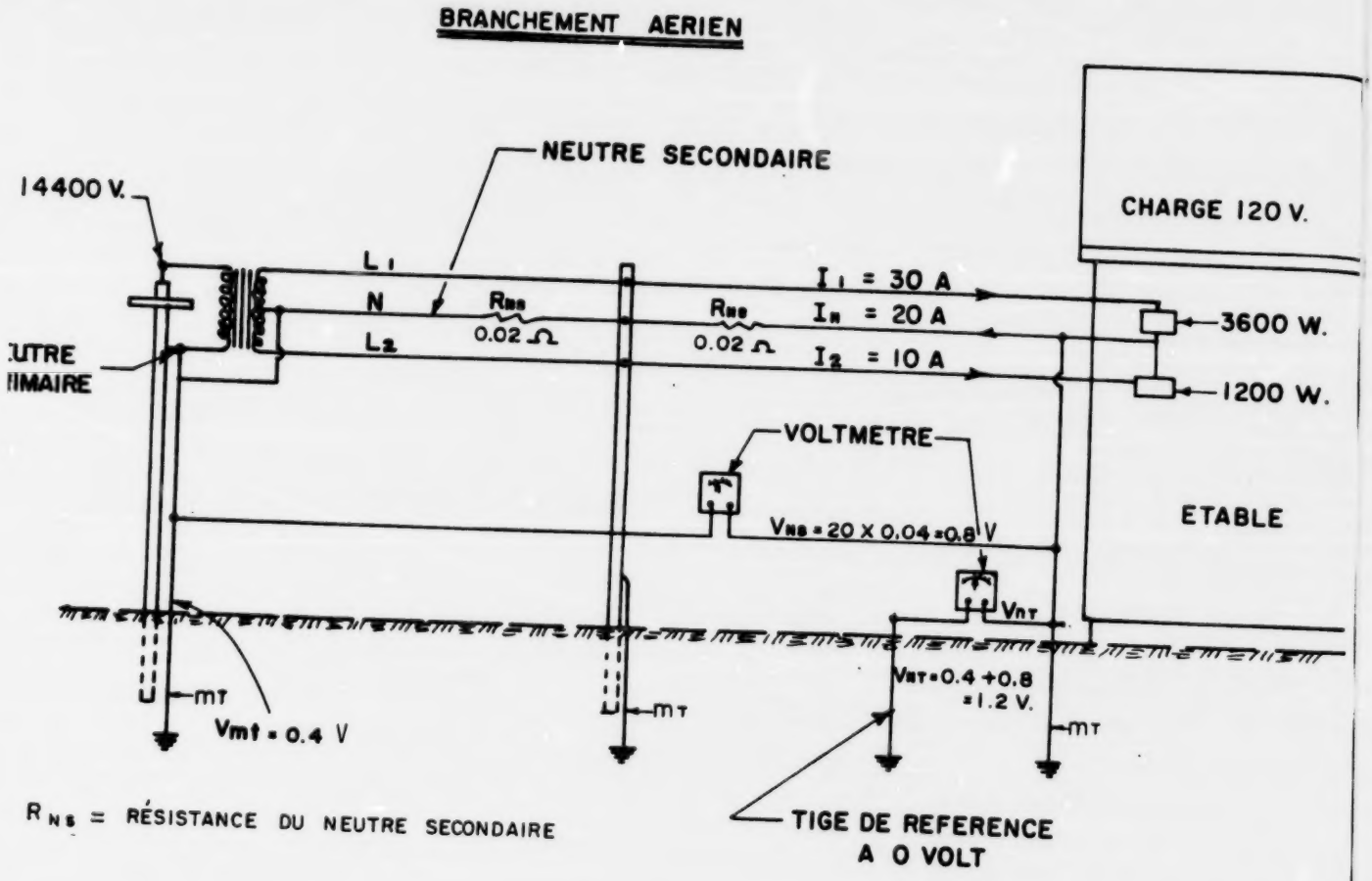


Figure 13: Tensions parasites dues à des chutes de tension dans le neutre secondaire.

Exemple de calcul de chute de tension dans le neutre secondaire

La figure 13 présente un réseau de distribution à la ferme qui sert à illustrer la chute de tension dans le neutre secondaire. Les courants I, I_2 et I_N sont calculés comme suit:

Courant dans le conducteur L_1 :

$$I_1 = 3600 \text{ W} / 120 \text{ V} = 30\text{A}$$

Courant dans le conducteur L_2 :

$$I_1 = 1200 \text{ W} / 120 \text{ V} = 10\text{A}$$

Courant dans le neutre :

$$I_N = I_1 - I_2 = 30 - 10 = 20\text{A}$$

La chute de tension dans le conducteur neutre ayant une résistance totale de 0.04 ohm peut être calculé de la façon suivante, soit :

$$V_{NS} = R_{NS} I_N = (0.02 + 0.02 \text{ ohm}) \times 20\text{A} = 0.8 \text{ Volt}$$

Il existe une chute de tension de 0.8 volt dans le conducteur neutre secondaire entre le transformateur et l'étable (figure 13).

Si la tension entre la terre et la mise à la terre du transformateur V_{MT} est nulle, alors la tension V_{NT} sur la mise à la terre et les équipements métalliques de l'étable sera égale à :

$$V_{NT} = V_{MT} + V_{NS} = 0 + 0.8 = 0.8 \text{ Volt}$$

Si la tension V_{MT} sur le neutre primaire égale 0.4 volt, alors la tension sur la mise à la terre de l'étable sera égale à :

$$V_{NT} = 0.4 + 0.8 = 1.2 \text{ Volt}$$

Le voltmètre pourra indiquer alors 0.4 ou 1.2 Volt selon la polarité ou la phase des tensions V_{MT} ou V_{NS} (figure 13).

Si les tensions V_{MT} et V_{NS} sont en phase, elles s'additionnent et la lecture sera 1.2 Volt; si elles sont déphasées, la V_{MT} sera alors égale à 0.4 Volt.

Dans le cas de tensions parasites générées par le neutre secondaire de la ferme, trois méthodes servent à réduire cette source:

Solution (1) : balancer les charges 120 V pour réduire le plus possible le courant dans le neutre (I_N);

Solution (2) : grossir le conducteur neutre ou améliorer les joints pour que la résistance du neutre secondaire (R_{NS}) diminue ;

Solution (3) : utiliser des appareils (moteurs, plinthes, etc.) de 240 volts qui ne font circuler aucun courant dans le neutre secondaire.

Ces trois solutions entraînent une diminution de la chute de tension dans le neutre secondaire de la ferme.

2.5.2 Équipement défectueux

Un équipement électrique défectueux laissera passer un faible courant dans le conducteur de mise à la terre. Le courant ira au sol, à travers la mise à la terre, et il retournera par le neutre secondaire selon les impédances du circuit. Le courant I_f sera réparti dans le circuit en fonction des impédances du réseau.

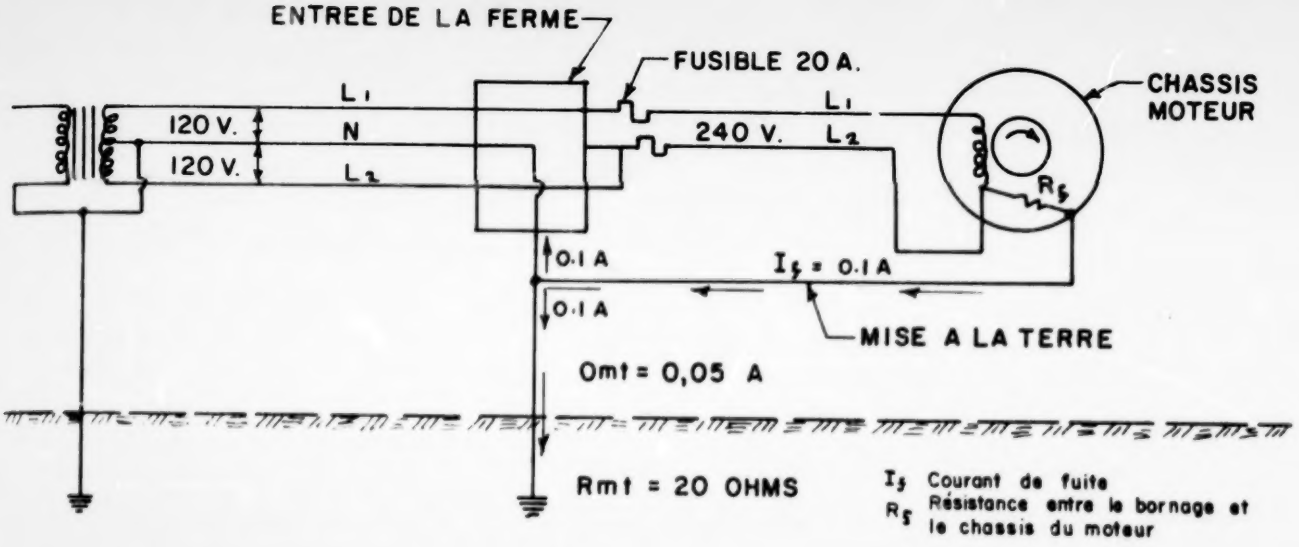


Figure 14: Tensions parasites induites par des fuites à la terre occasionnées par des équipements défectueux.

Considérons le moteur électrique de la figure 14; le moteur a un défaut d'isolation entre les enroulements et le châssis, représenté par la résistance R_f. Un faible courant I_{mt} circulera à travers la résistance R_f et retournera au sol. La tension V_{mt} est calculée comme suit:

$$V_{mt} = R_{mt} \; I_{mt} = 20 \times 0.05A = 1 \text{ volt}$$

Dans ce cas, le courant de fuite est si faible que les fusibles ou disjoncteurs n'ouvriront pas le circuit; cependant ce courant est capable de créer une tension qui affectera sérieusement les animaux. Si le trouble d'isolation s'aggrave, la résistance Rf diminue et il peut en résulter des chocs dangereux et même l'électrocution des animaux, surtout s'il y a des continuités des mises à la terre des appareils.

Pour corriger cette source de tension, il faut :

- identifier l'équipement défectueux qui est: soit un moteur, un câble, un chauffe-eau ou un circuit d'éclairage;

- réparer ou remplacer l'équipement défectueux.

2.5.3 Résistance élevée des mises à la terre

Le courant circulant dans la prise de terre de l'entrée électrique de la ferme ou de la vacherie produit une tension entre la terre et le neutre, causée par la résistance du sol autour de la mise à la terre ou par un mauvais joint entre le conducteur de mise à la terre et la tige de mise à la terre.

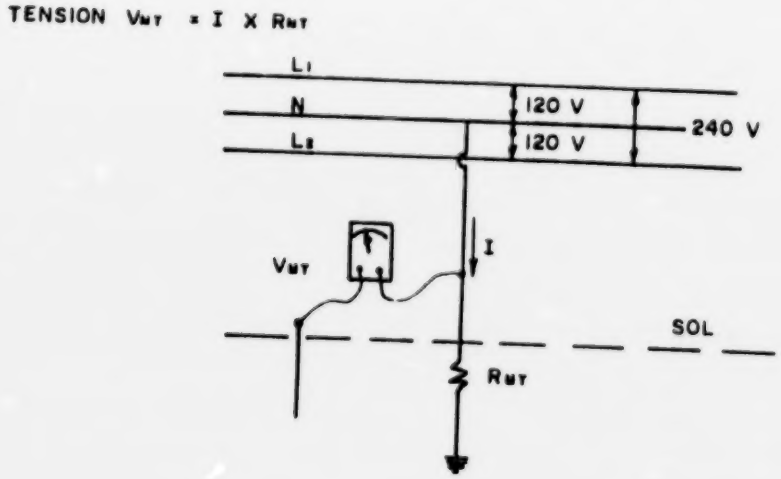


Figure 15: Tensions parasites dues à une résistance élevée de la mise à la terre (R_{mt}).

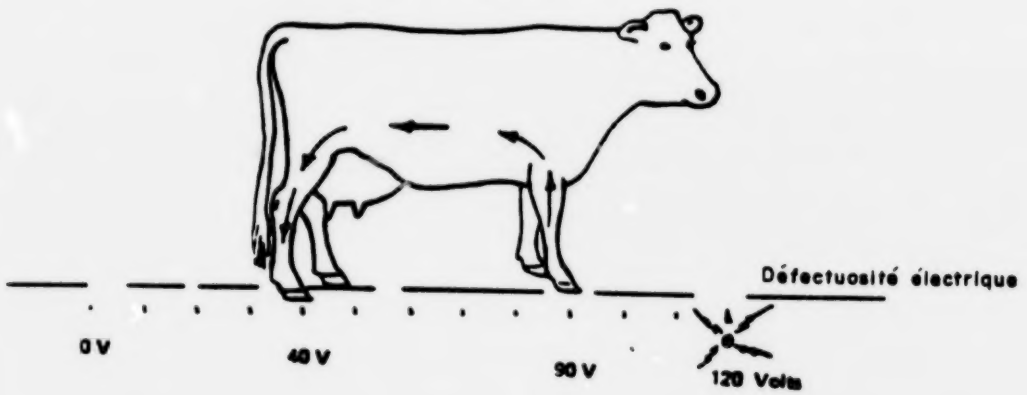
Pour une intensité de courant donné, plus la résistance est basse, plus la tension V_{mt} sera faible. Il faut observer que les impédances des tiges de mise à la terre forment un réseau dans lequel circule des courants. Le fait d'abaisser la résistance de 1 ou 2 tiges de mise à la terre changera très peu les tensions. La résistance de mise à la terre varie aussi avec la nature des sols, le climat et les saisons.

2.5.4 Débalancement des charges 120 V

Le débalancement des charges 120 V entraîne la circulation de courant élevé dans le neutre primaire, et ainsi la génération de tensions parasites. Le débalancement des charges produit le même effet qu'un conducteur neutre trop petit. Le circuit de la figure 13 illustre la génération d'une chute de tension due à un courant dans le neutre secondaire.

2.5.5 Court-circuits

L'isolation défectueuse des câbles électriques et des moteurs peut produire des court-circuits qui font circuler dans l'animal des courants très élevés pouvant même l'électrocuter (figures 14 et 16); la vache développe alors les mêmes symptômes que ceux produits par des tensions parasites. La figure 16 illustre la circulation du courant dans le corps de l'animal due à une différence de potentiel entre deux points de contact de l'animal.



Courant circulant dans la vache = $\frac{(90 - 40)\ V}{400\ \text{ohms}}$ = 0.125 Ampère = 12.5 mA

Figure 16: Tensions parasites occasionnées par des équipements défectueux produisant un court-circuit.

2.6 Tensions parasites produites hors la ferme

2.6.1 Réseau de distribution primaire

La tension sur le neutre primaire est due au courant circulant dans le conducteur neutre et les mises à la terre du réseau de distribution moyenne tension. Ce courant retourne au poste électrique alimentant le réseau moyenne tension. Les intensités des courants dans le neutre primaire et les mises à la terre varient inversement avec les impédances de celles-ci.

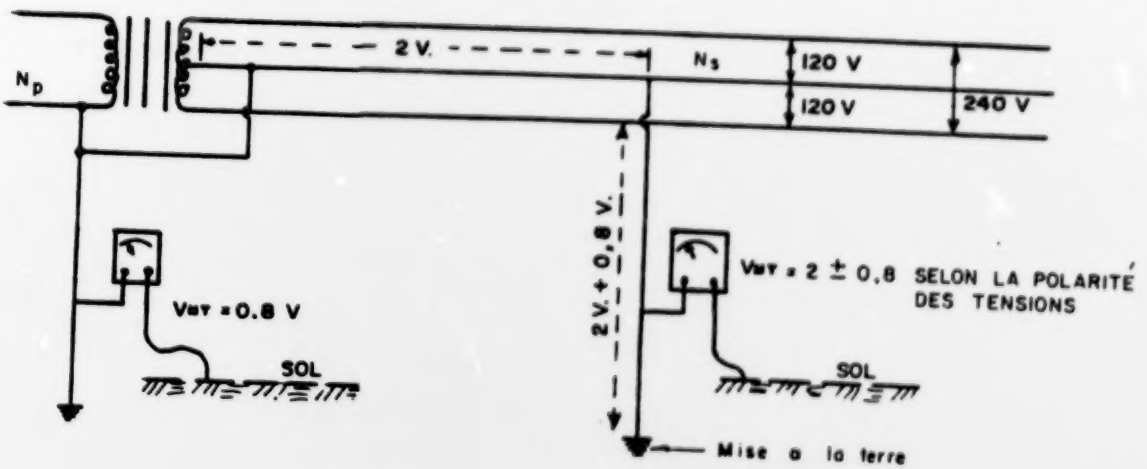


Figure 17: Tensions parasites occasionnées par le réseau de distribution moyenne tension.

Telle que la figure 17 l'indique, la tension sur le neutre primaire apparait sur le neutre secondaire (N_S) puisque les neutres primaire et secondaire sont raccordés ensemble.

Solutions

- Améliorer:

  - le réseau de mise à la terre du réseau de distribution moyenne tension;
  - les joints;
  - grossir le conducteur neutre primaire (N_p);
  - reconstruire le réseau de distribution moyenne tension.

Courant $I_p = \frac{72\ 000\ W}{14\ 400\ V} = 5A$

Résistance du conducteur neutre = 0.7 ohm/km

Longueur de la ligne = 1 km

R_p = 1 km x 0.7 ohm/km = 0.7 ohm

$V_p = R_p I_p = 0.7\ \Omega \times 5A = 3.5$ volts

La chute de tension de 3.5 volts est produite sur 1 kilomètre de longueur du neutre primaire, en supposant que la totalité du courant I_p circule dans le neutre primaire. En pratique, une partie du courant primaire retourne par le sol au poste électrique, diminuant ainsi le courant dans le neutre primaire.

Une tension maximale de 3.5 volts pourrait alors apparaître sur le neutre secondaire de la ferme pour l'exemple considéré.

2.6.2 Résistance élevée des mises à la terre

Le courant primaire retournant à la sous-station par la prise de terre doit traverser la résistance Rmt entre le sol et la tige de mise à la terre et la résistance des joints; il y a alors apparition de tension sur le neutre primaire.

Une basse résistance de mise à la terre aidera à atténuer les tensions sur le neutre primaire.

Il faut reconnaître que la résistance des mises à la terre ne peut jamais être nulle. Il y aura donc toujours des tensions sur le conducteur du neutre primaire, puisque le courant doit circuler dans ces résistances, ce qui induit des tensions.

La réduction de la résistance d'une tige de mise à la terre n'affecte pas beaucoup le niveau de tension, car les courants primaires se répartissent dans toutes les autres mises à la terre du réseau.

2.6.3 Équipement défectueux

Pour réduire la tension sur le neutre primaire, il faudrait réduire la résistance de toutes les mises à la terre.

Les équipements électriques installés sur la ligne moyenne tension de 14.4 kV monophasé ou 25 kV triphasé desservant la ferme peuvent générer des tensions sur le neutre primaire et le neutre de la ferme s'ils sont défectueux. Les équipements

suivants peuvent faire défaut au même titre que les équipements électriques de la ferme:

- Transformateur - défaut d'isolation;
- Condensateurs de correction du facteur de puissance;
- Réactances;
- Porte-fusibles et interrupteurs;
- Bris du conducteur neutre primaire;
- Bris du conducteur de mise à la terre.

Les défauts d'isolation qui laissent passer de faibles courants sont difficiles à détecter, car le réseau opèrera normalement; cependant, ils peuvent générer des tensions parasites qui affecteront sérieusement l'animal.

Les fuites de courant peuvent être localisées à l'aide de mesure de tension sur les mises à la terre du réseau, à partir d'une tige de mise à la terre de référence.

2.6.4 Débalancement du réseau triphasé

Les lignes rurales moyenne tension sont généralement monophasées; elles proviennent de lignes triphasées. Pour que le courant dans le neutre de la ligne triphasée soit nul ou faible, les trois lignes monophasées dérivées de la ligne triphasée, doivent transporter des charges égales, c'est-à-dire des courants égaux.

Si les courants des trois lignées monophasées ne sont pas égaux, il circulera alors un courant dans le neutre de la ligne triphasée créant une chute de tension sur le neutre primaire. En pratique, il est impossible de balancer parfaitement le réseau triphasé alimentant des réseaux monophasés.

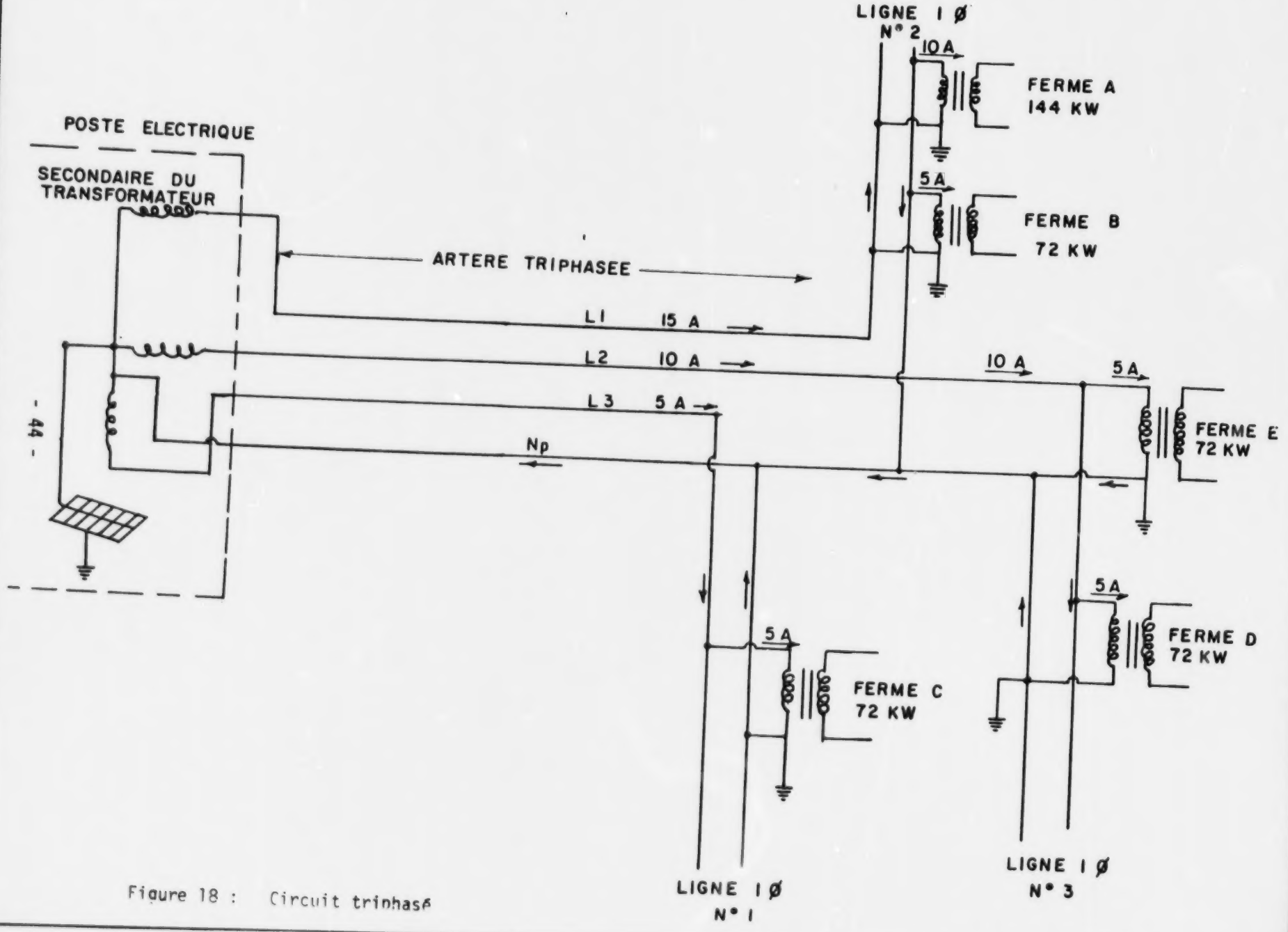


Figure 18 : Circuit triphasé

2.6.5 Fermes, résidences, industries voisines

Les réseaux de distribution basse tension 120/240 V des fermes, résidences et industries voisines d'une ferme peuvent générer des tensions sur le neutre de la ferme A qui incommodent le troupeau. Les tensions parasites qui proviennent des consommateurs voisins de la ferme A peuvent être transmises:

- par le sol, dans les cas d'équipements défectueux qui y font circuler un courant de fuite lequel revient dans la mise à la terre de la ferme A, ce qui cause des tensions sur le neutre et les équipements métalliques de l'étable;

- par le neutre primaire du réseau de distribution moyenne tension.

En fait, toutes les sources de tensions parasites qui se présentent ailleurs chez les clients voisins de la ferme A sont susceptibles de créer des problèmes à la ferme A.

Conclusion

Pour prévenir ou réduire les tensions parasites à la ferme, les réseaux de distribution moyenne tension (14.4kV) et basse tension (120/240V), ainsi que les équipements électriques doivent être en parfait ordre, être utilisés selon les recommandations des manufacturiers et ne pas être surchargés. Cette constatation s'applique aux fermes, aux résidences, industries et fournisseurs d'électricité.

2.6.6 Réseau de communication

Les réseaux téléphoniques et de communication peuvent causer occasionnellement des tensions parasites. Un défaut d'isolation des câbles téléphoniques ou des mises à la terre défectueuses font circuler des courants dans les mises à la terre

défectueuses font circuler des courants dans les mises à la terre et créent des tensions parasites. Les tensions provenant du réseau téléphonique peuvent être repérées par la tension continue (CC) anormalement élevée sur le neutre ou d'une tension haute fréquence; les communications sont généralement mauvaises.

L'utilisation d'appareils téléphoniques de basse qualité installés dans les endroits humides et par des amateurs risque d'accroître l'incidence des tensions parasites à la ferme.

2.7 Polarité des tensions parasites

Lorsque le courant dans le conducteur neutre secondaire est augmenté, la chute de tension dans le neutre secondaire augmente. Cependant, la tension parasite mesurée entre une mise à la terre de référence et le neutre secondaire de la ferme peut soit augmenter soit diminuer selon la polarité du courant. Ceci est expliqué par le fait que le réseau de tension monophasé 120/240V produit deux tensions 120 Volt, V_1 et V_2 et que ces deux tensions sont déphasées de 180° l'une par rapport à l'autre et ce pour des charges résistives. Les courants I_1 et I_2 sont également déphasés de 180°. Selon que le courant qui induit la tension parasite sera I_1 ou I_2, la tension parasite sur le neutre secondaire augmentera ou diminuera.

Lors d'un essai de mesure de tension sur le neutre avec une charge 120V, il faut noter si la tension diminue ou augmente.

La figure 19 illustre comment la tension peut diminuer ou augmenter avec une charge 120V, selon que le courant I_N est dû à la tension V_1 ou à la tension V_2. Pour la polarité inversée, le courant I_N est dû à V_2 et égale I_2; pour la polarité non inversée, le courant I_N est dû à V_1 et égale I_1 et la tension sur le neutre V_{NS} augmente alors. Dans les deux cas, la chute de tension dans le neutre est la même.

On ne peut pas conclure que la tension parasite "diminue" avec l'accroissement de courant dans le neutre secondaire. Qu'elle diminue ou augmente, la tension parasite doit être réduite ou éliminée si elle excède le seuil de tolérance des animaux.

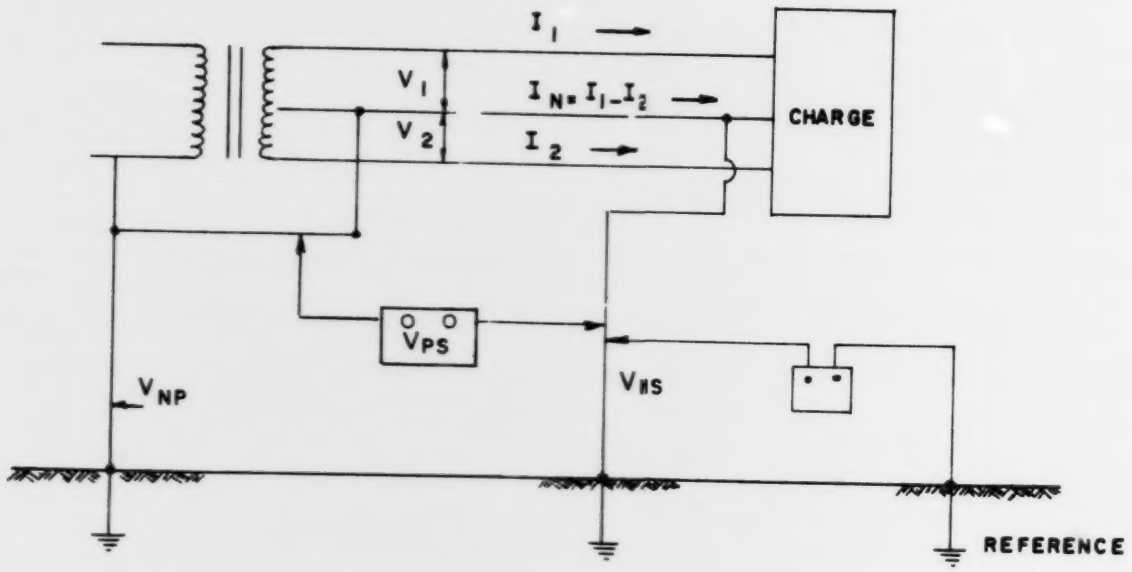


Figure 19: Effet de la polarité des tensions sur les mesures de tension parasite

Polarité inversée

$I_N = 0$ $V_{NP} = 1.2$ V $V_{NS} = 1.2$ V $V_{PS} = 0$

$I_N = 10$ A $V_{NP} = 1.2$ V $V_{PS} = 0.6$ V

$V_{NS} = V_{NP} - V_{PS} = 1.2 - 0.6 = 0.6$ V

Polarité non inversée

$I_N = 10$ A $\qquad V_{NP} = 1.2$ V $\qquad V_{PS} = 0.6$ V

$V_{NS} = V_{NP} + V_{PS} = 1.2 + 0.6 = 1.8$ V

Où : V_{PS} = Chute de tension dans le neutre secondaire.

I_N = Courant dans le neutre.

2.8 Tension continue (CC)

Les tensions continues ou CC peuvent être mesurées à la ferme, en plus des tensions alternatives CA. Les tensions parasites continues peuvent être attribuées à l'une ou l'autre des causes suivantes:

- courant galvanique dû à la présence de métaux différents dans le sol. Le courant galvanique est généralement trop faible pour générer une tension capable d'affecter les animaux.

- fuite de courant provenant des pulsateurs, des appareils électroniques utilisés à la ferme et de moteurs fonctionnant sur le CC (Ex.: moteur du mélangeur du refroidisseur à lait). Plusieurs cas ont été rapportés dans la littérature.

- fuite de courant provenant du réseau téléphonique.

- fuite de courant provenant des redresseurs électroniques CC utilisés pour protéger les pipelines de gaz et d'huile contre la corrosion. Cette source de tension CC ne peut apparaître que dans les régions traversées par un pipeline.

Aucune étude physiologique n'a été à présent rapportée sur le comportement des animaux soumis à des tensions CC. La plupart des experts estiment que les vaches ne sont pas affectées par les tensions CC inférieures ou égales à 1 volt.

3.0 MESURE DES TENSIONS PARASITES

3.1 Procédure de mesure des tensions parasites (où et comment mesurer)

Les tensions parasites apparaissent avec une amplitude maximale sur le neutre secondaire de la ferme; elles peuvent apparaître dans l'étable intégralement ou seulement en partie, selon la résistance électrique entre l'équipement de l'étable et le sol, la mise à la terre ou le neutre. Il est impossible de prédire avec précision où, quand et avec quelle amplitude les tensions parasites apparaîtront dans un bâtiment d'élevage et affecteront les animaux. Les tensions parasites surviennent souvent de façon aléatoire, c'est-à-dire au hasard, en fonction de la charge électrique, des saisons et du climat.

Les tensions parasites peuvent aussi varier beaucoup en peu de temps. Pour permettre d'interpréter les lectures de tension, il faut utiliser une mise à la terre de référence qui est à un potentiel stable de 0 volt. Pour lire les tensions parasites maximales que l'animal peut "voir" ou détecter, il faut prendre les mesures entre la terre qui est à un potentiel nul ou à 0 volt et le neutre secondaire de l'entrée électrique principale de la ferme ou celle de chacun des bâtiments d'élevage. Les tensions parasites apparaissent avec une amplitude maximale sur le neutre secondaire de la ferme ou du bâtiment d'élevage.

Lors de la mesure, il faut éviter de placer les fils de raccordement du voltmètre près de fils conducteurs du bâtiment transportant du courant.

3.1.1 Mise à la terre de référence

Pour mesurer les tensions parasites, une mise à la terre de référence est utilisée. La mise à la terre est installée en enfonçant dans le sol une tige métallique qui conduit l'électricité. Une tige métallique de 12 à 16 millimètres de diamètre en cuivre, en acier galvanisé ou en acier inoxydable convient très bien comme mise à la terre.

La tige doit être enfoncée dans un sol humide à une distance minimale de 10 à 15 mètres de toute mise à la terre de la ferme ou des transformateurs, d'un puits et du réseau souterrain de distribution d'eau.

Lorsque la tige ne peut être enfoncée dans le sol à cause des affleurements rocheux ou que le sol est sableux ou trop sec, on doit verser dans le sol, autour de la tige, de 5 à 10 litres d'eau pour établir une bonne mise à la terre.

La figure 20 illustre l'emplacement de la tige de mise à la terre de référence sur une ferme.

Procédure d'installation de la tige de référence

1) Déterminer un endroit pour planter la tige à l'aide de la figure 20 et du plan de localisation des bâtiments de ferme;

2) Enfoncer la tige de 0.5 à 1 mètre de profondeur dans le sol; arroser le sol autour de la tige, si le sol est sec ou rocailleux;

3) Fixer un conducteur isolé à la tige de référence.

Conducteur isolé

Il faut utiliser un conducteur de cuivre de calibre 14 ou 12 AWG, constitué de plusieurs brins toronnés. L'enveloppe de ce conducteur doit avoir une isolation pouvant supporter 600 volts.

Fixer une pince de cuivre à chaque extrémité du conducteur. Un câble d'au moins 100 mètres de longueur permettra de prendre des mesures de tension dans la plupart des bâtiments de la ferme, à partir d'une seule tige de référence.

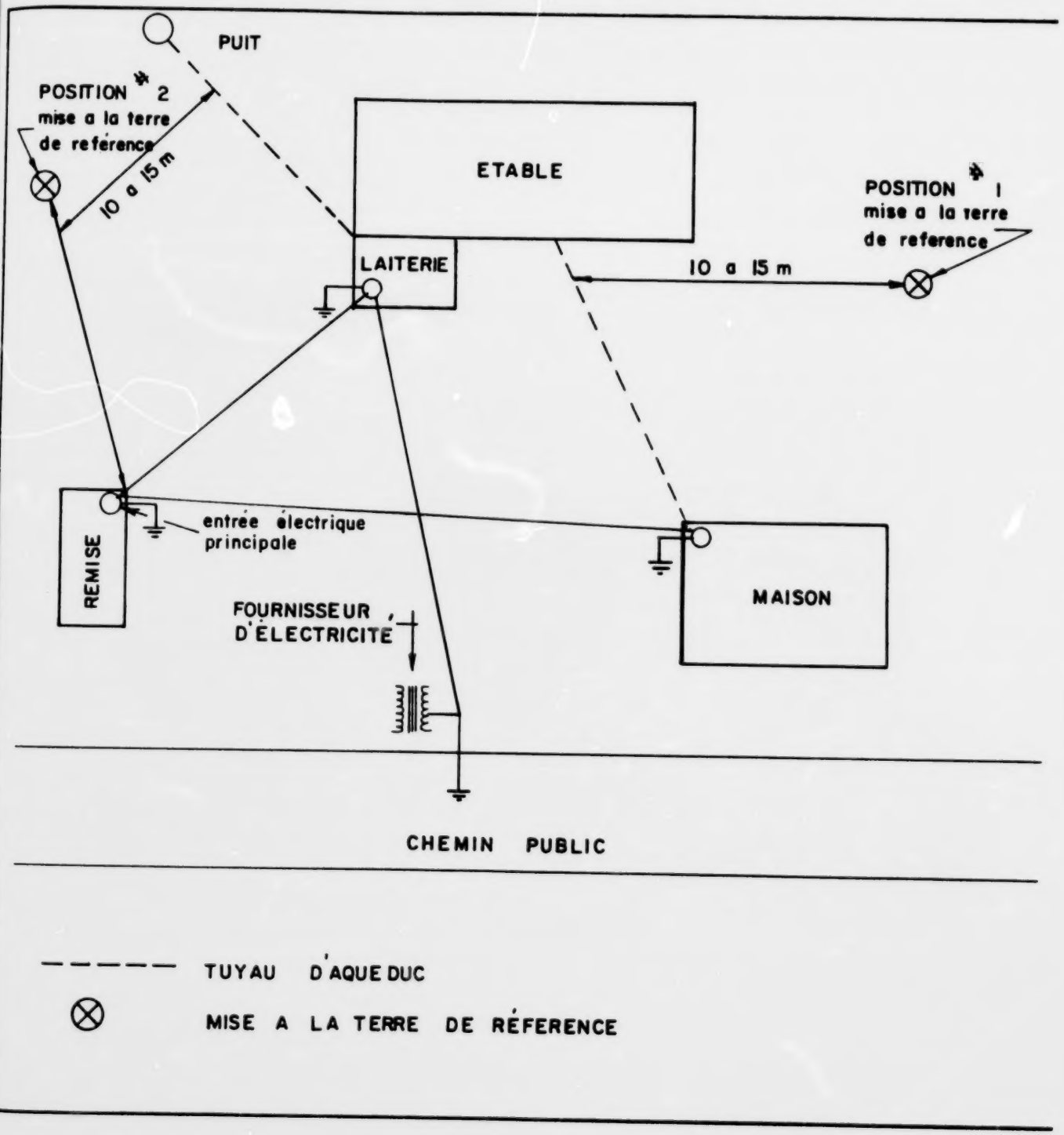


Figure 20 : Emplacements possibles d'une tige de mise à terre de référence pour la mesure des tensions parasites.

Prévoir aussi un câble de 20 mètres de longueur, également muni de pinces de cuivre à chaque extrémité.

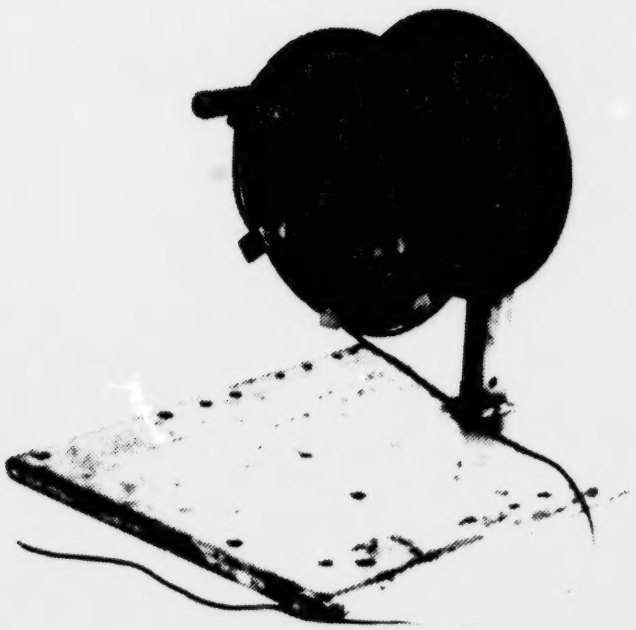


Photo A: Treuil et câble pour la mesure des tensions parasites entre deux points donnés.

Photo B: Tige de mise à la terre de référence pour la mesure des tensions parasites.

3.1.2 Mesure de tension avec tige de référence

Il est recommandé d'installer une résistance de 10 000 ohms (10 K) aux bornes du multimètre afin d'éliminer les erreurs de lecture. Avec la résistance de 10 K, la résistance de la tige de référence aura peu d'effet sur les mesures. Une résistance de 10 000 ohms est un bon compromis.

Il n'est plus nécessaire de vérifier l'électrode de référence. Il faut installer celle-ci dans un sol humide si possible.

Pour obtenir des lectures précises,

1. utiliser un multimètre à impédance élevée et rejetant la tension CC sur la gamme CA;

2. installer une résistance de 10 000 ohms aux bornes du multimètre;

3. établir un bon contact entre les extrémités des câbles du multimètre et les surfaces.

La même recommandation s'applique pour les enregistreurs graphiques ayant une impédance de 1 Mégohms et plus.

La résistance de 10 000 ohms permet aussi d'identifier rapidement une tension induite. La tension induite diminue alors rapidement à zéro car la résistance draine vers le sol l'électricité statique accumulée sur les parties métalliques non mises à la terre. La tension induite peut avoir une amplitude de plusieurs volts mais n'incommode pas toujours les animaux.

Consulter le chapitre sur les tensions induites.

La figure 21 illustre la procédure de mesure.

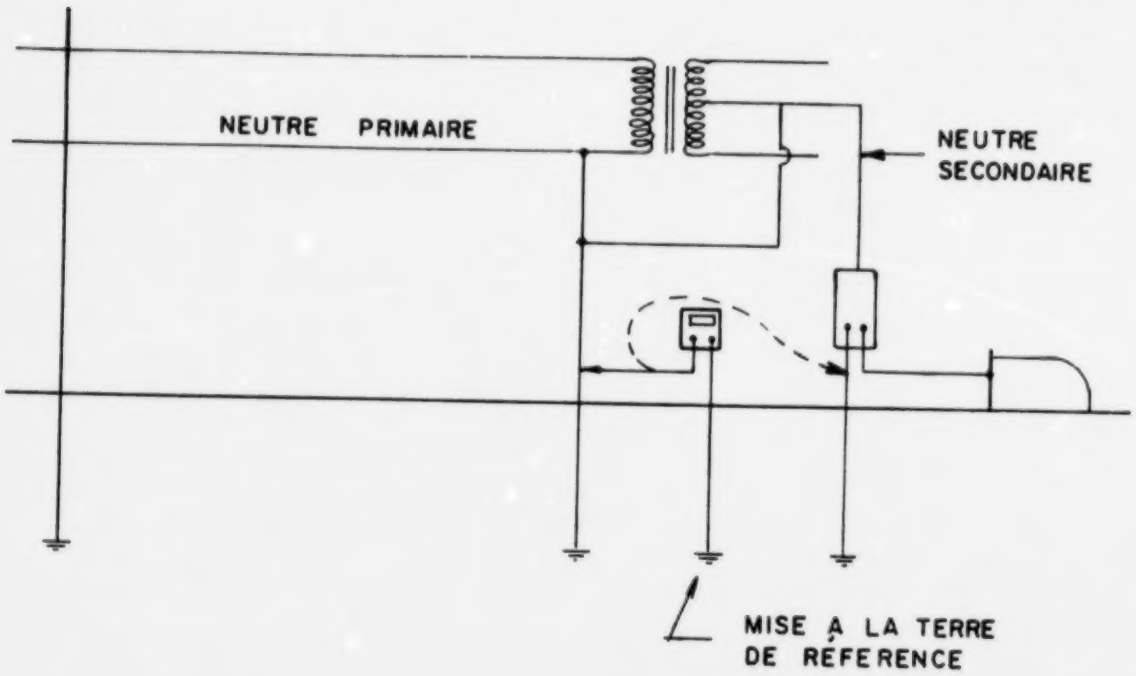


Figure 21: Mesure des tensions parasites sur les neutres primaire et secondaire.

3.1.3 Mesure des courants

Les tensions produites sont dues aux courants qui circulent dans les conducteurs, qui ont une résistance et dont les points de raccordement présentent aussi une résistance. La mesure des courants permet d'identifier si les charges 120 volts sont balancées.

Une pince ampèremétrique est utilisée pour mesurer les courants des circuits CA; elle permet de mesurer les courants CA sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir les circuits.

Pour obtenir une lecture, la pince ampèremétrique est ouverte et on insère tour à tour les conducteurs L_1 et L_2 et le neutre (N) à l'intérieur de la pince. La pince est ensuite refermée et le courant est ensuite lu.

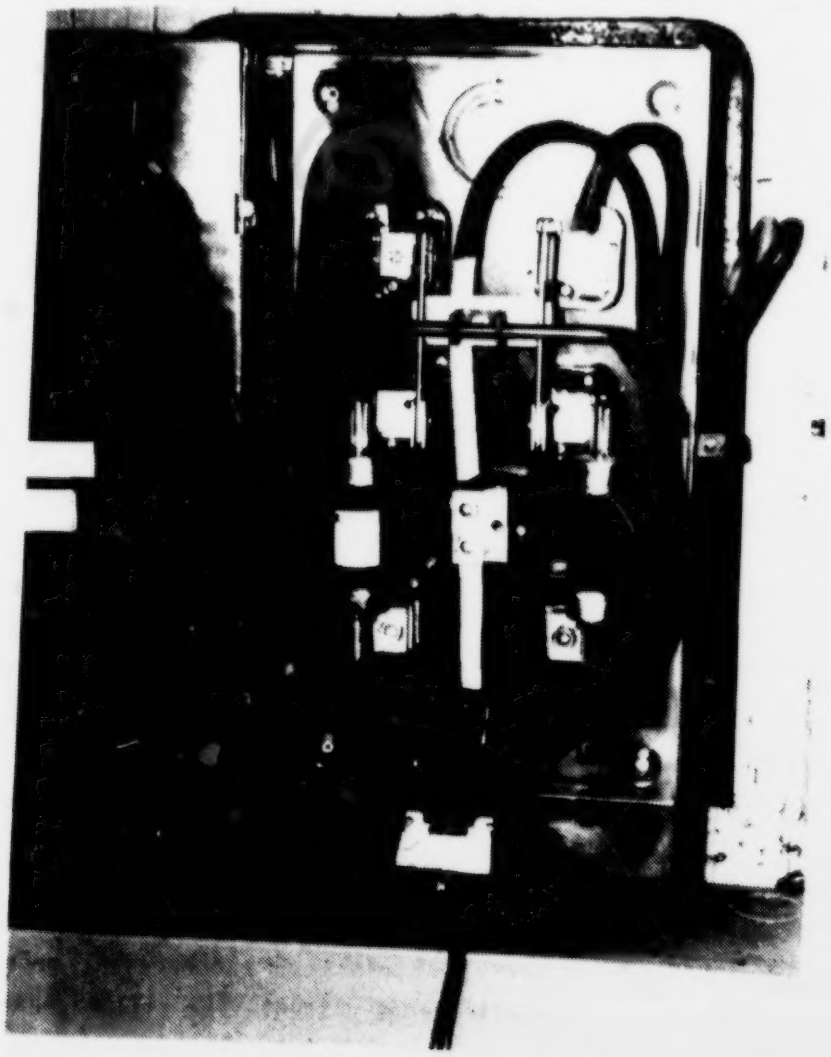


Photo C: Pince ampèremétrique autour d'un conducteur.

Dans les entrées électriques de 400 et 600 A, il faut mesurer les courants I_1, I_2 et I_N en deux étapes, car les phases L_1, L_2 et le neutre sont souvent constituées chacun de 2 conducteurs raccordés en parallèle.

Selon la facilité d'accès aux câbles, les courants peuvent être mesurés soit dans le coffret de branchement principal de la ferme, soit dans la boîte de répartition placée en aval du coffret de sectionnement. Les mesures de courant peuvent aussi être effectuées dans le coffret de branchement du bâtiment d'élevage.

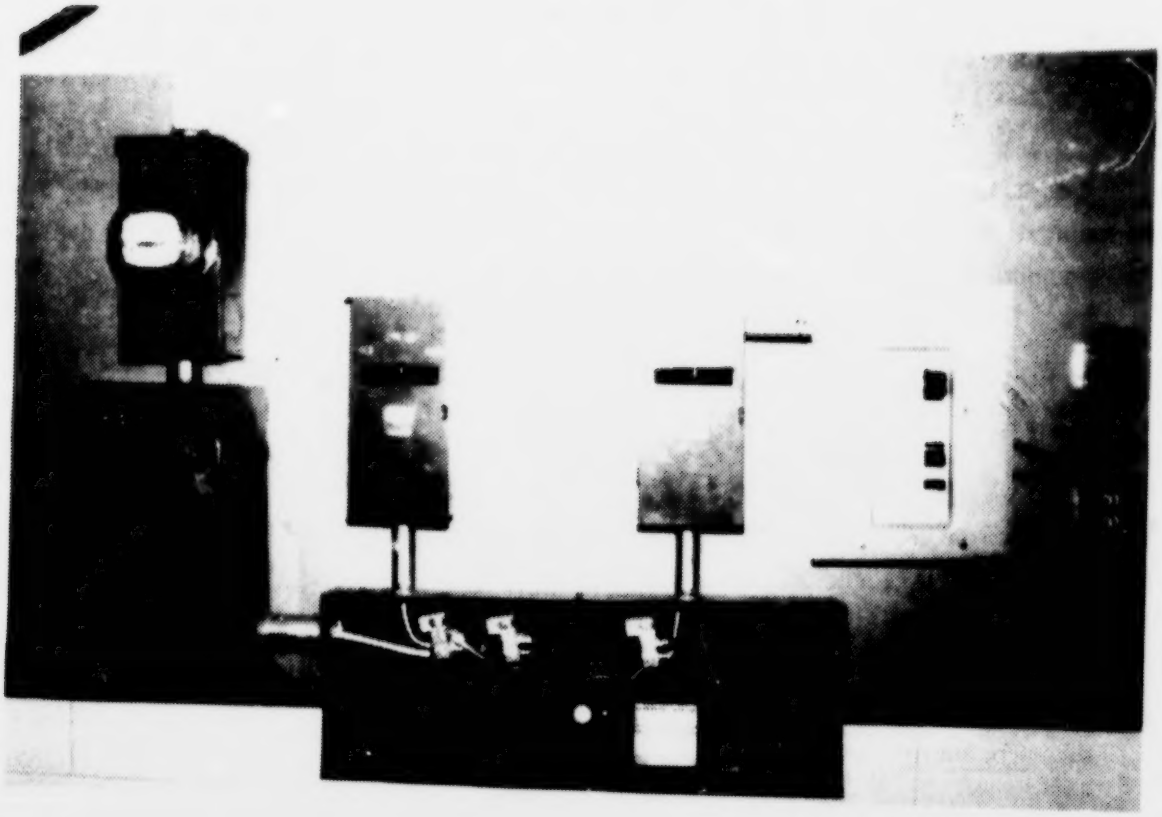


Photo D: Coffret de sectionnement et de répartition.

La même procédure s'applique pour mesurer les courants dans un bâtiment individuel.

3.2 Enregistrement des tensions parasites

La mesure des tensions parasites peut s'avérer difficile avec un multimètre à cause de leur nature transitoire et passagère. Ainsi, les tensions de très courtes durées, associées au démarrage de moteurs fonctionnant peu souvent, peuvent échapper à des mesures de tension avec multimètres. L'enregistrement en continu permet d'obtenir le profil continu des tensions parasites sur une période plus ou moins prolongée selon les besoins.

Les tensions sur le neutre secondaire de la ferme et le neutre primaire du fournisseur d'électricité, peuvent être enregistrés, ainsi que les courants dans le neutre secondaire.

a. Équipement

- Enregistreur de tension CA/CC à réponse rapide;
- Tige de mise à la terre de référence;
- Câble isolé.

b. Procédure

- Installer une tige de mise à la terre de référence (figure 20);
- Raccorder un câble isolé à la mise à la terre et à l'enregistreur;
- Raccorder un autre câble isolé entre l'enregistreur et le neutre secondaire;
- Choisir sur l'enregistreur l'échelle de tension CA appropriée et régler la vitesse de déroulement du papier entre 2 à 5 cm/h;
- Indiquer la date et l'heure de départ de l'enregistrement, la vitesse d'enregistrement et l'échelle de lecture de tension suivant laquelle l'enregistreur opère.

c. Interprétation des résultats

- Identifier l'heure et la date d'occurrence des tensions excédant 0.5 volt CA, et 1 volt CC, sur la bande de papier enregistreur;

- Avec l'assistance du fermier, tenter d'identifier la cause des tensions. Avec l'enregistreur en marche démarrer successivement les équipements suspects et observer les lectures de l'enregistreur;

- Suggérer les mesures correctives appropriées.

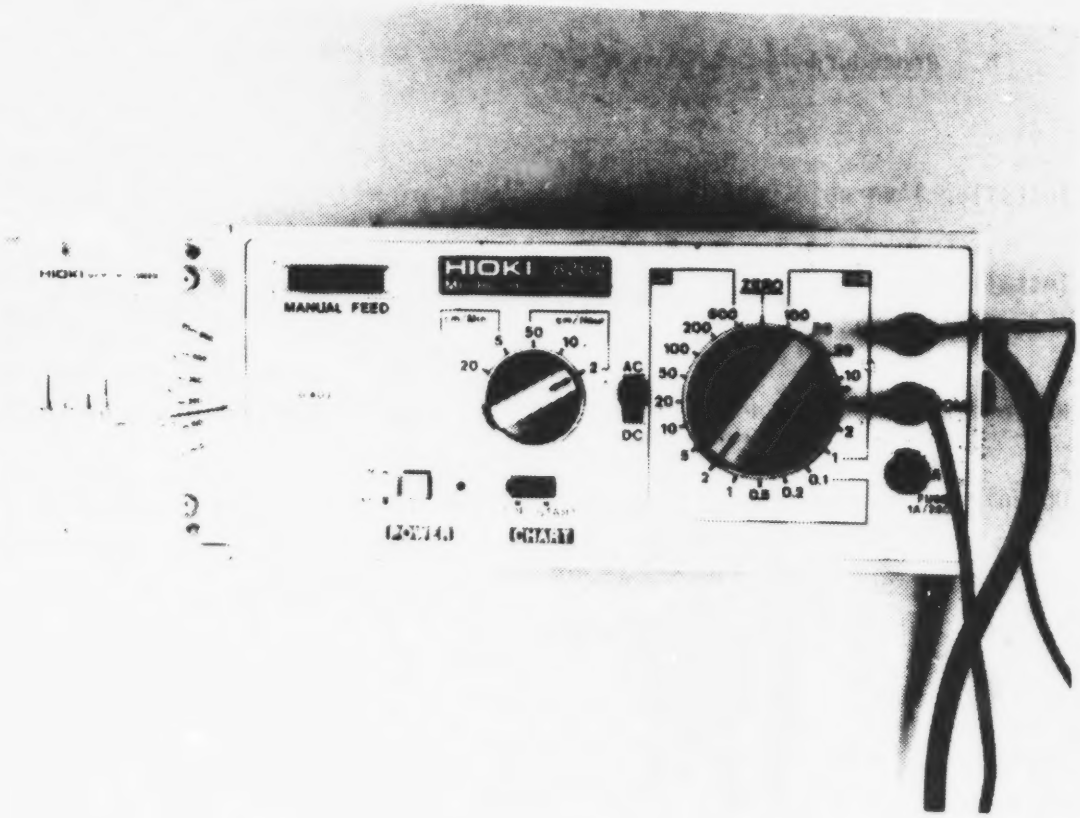


Photo E: Enregistreur graphique.

3.3 Enregistrement des courants

L'enregistrement des courants dans le neutre secondaire de la ferme permet d'identifier les courants transitoires excessifs dans le neutre sur une période prolongée.

a. Équipement

- Enregistreur graphique muni d'une pince ampèremétrique.

b. Procédure

- Installer l'enregistreur;
- Installer la pince ampèremétrique autour du ou des conducteurs neutres dans l'entrée électrique;
- Régler la vitesse de déroulement du papier de 2 à 5 cm/h et l'échelle CA;
- Obtenir des enregistrements pour une période de 48 heures.

c. Interprétation des résultats

- Analyser le profil du courant et repérer les périodes où les courants excèdent 10 ampères;
- Identifier les équipements produisant ces courants;
- Modifier si requis le raccordement des charges 120 volts pour réduire le courant dans le neutre secondaire (balancement des charges).

3.4 Appareils de mesure

Les appareils de mesure utilisés pour déceler les tensions parasites incluent:

- le voltmètre ou le multimètre;
- la pince ampèremétrique;
- l'enregistreur de tension.

3.4.1 Multimètre

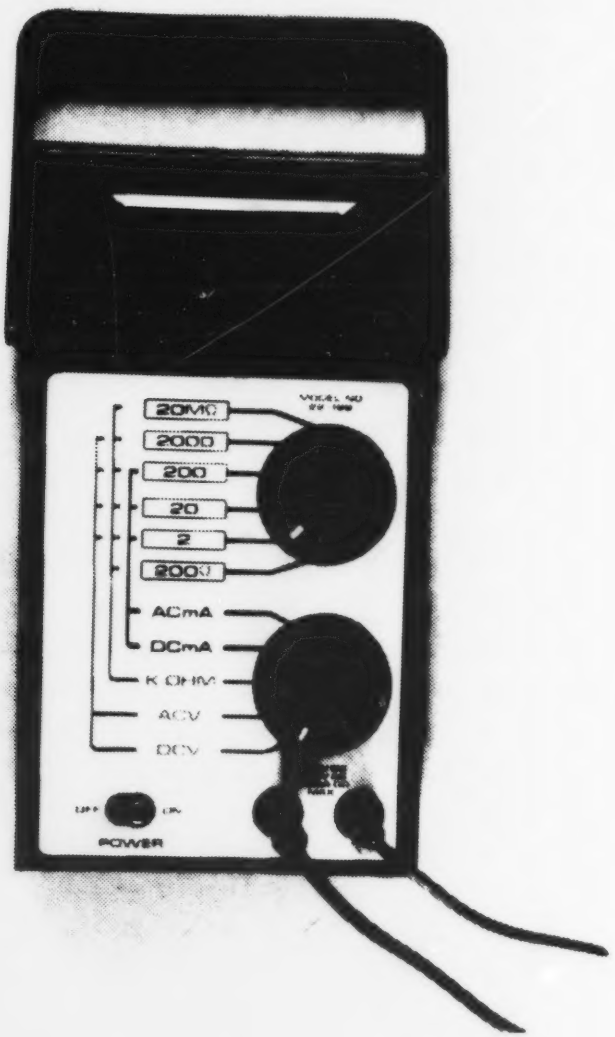


Photo F: Multimètre.

Le voltmètre ou le multimètre doit posséder les caractéristiques suivantes:

- indiquer les tensions CA au dixième de volt près sur une échelle 0-2 ou 0-5 volt CA;

- avoir une impédance d'entrée supérieure à 50 000 ohms par volt (50 k /Volt);

- indiquer une lecture nulle ou 0 volt, sur l'échelle CA lorsqu'une pile de 1.5 à 9 volts est raccordée aux bornes du voltmètre.

Un multimètre, capable de lire la tension, le courant et la résistance est généralement utilisé.

Le multimètre analogique permet d'observer les pointes de tensions parasites générées au démarrage des moteurs. Le multimètre numérique permet de lire les tensions au centième de volt près; il peut difficilement mesurer des tensions transitoires de très courte durée.

3.4.2 Pince ampèremétrique

La pince ampèremétrique mesure le courant dans les conducteurs sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir les circuits. Elle est munie d'une mâchoire qui est ouverte pour placer le conducteur à l'intérieur de celle-ci. Les pinces analogiques et numériques conviennent très bien. La pince analogique permet d'observer le courant de démarrage des moteurs. Une pince ayant 5 à 6 échelles de courant et une capacité de 300 ampères doit être utilisée.

Photo G: Multimètre analogique.

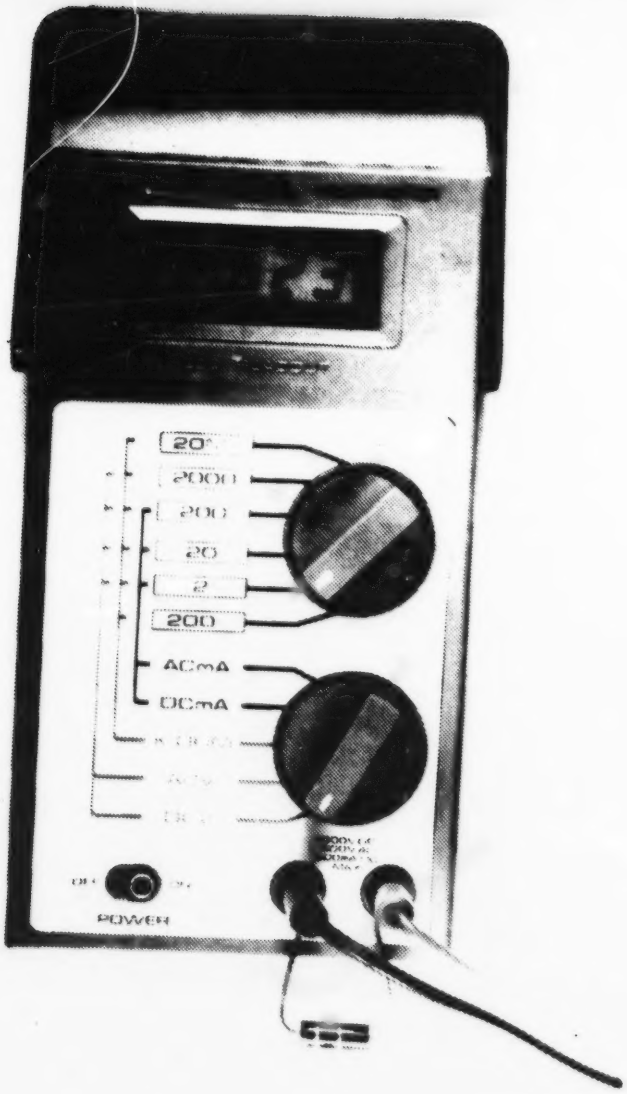


Photo H: Multimètre numérique.

3.4.3 Enregistreur de tension

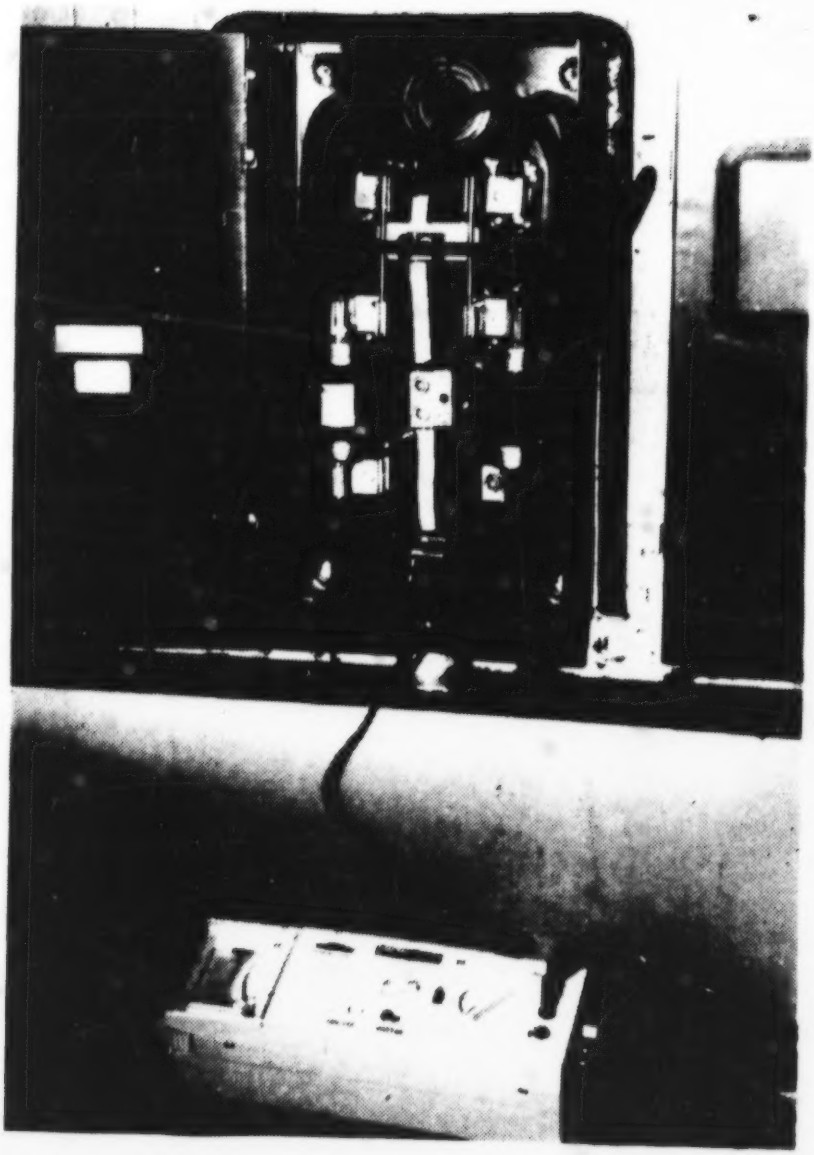


Photo I: Enregistreur graphique mesurant dans l'entrée électrique.

3.4.3 Enregistreur de tension (Suite)

L'enregistreur de tension mesure la tension parasite et l'enregistre sur une bande de papier; il doit posséder les caractéristiques suivantes:

1- Lire les tensions AC au dixième de volt près sur une échelle de 2 volts;

2- Lire 0 volt sur l'échelle AC, lorsqu'il est raccordé à une pile de 1.5 à 9 volts;

3- Avoir une résistance d'entrée d'au moins 10 000 ohms par Volt (10 k /Volt);

4- Avoir une réponse très rapide. Les enregistreurs à plume et encreur ne conviennent pas, car ils sont trop lents pour enregistrer les tensions parasites transitoires.

Des modèles d'enregistreurs sont aussi disponibles avec des pinces ampèremétriques qui mesurent le courant et l'enregistrent sur papier.

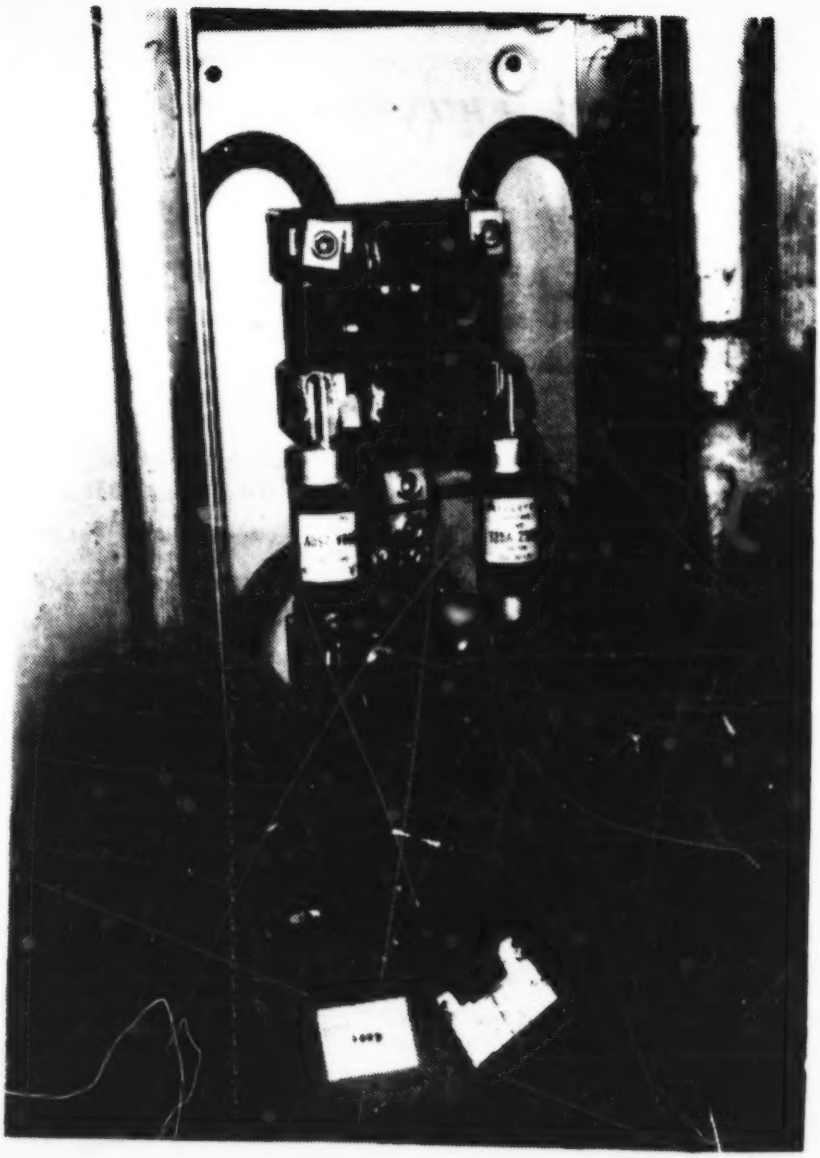


Photo J: Pince ampèremétrique autour d'un des conducteurs L_1 ou L_2, raccordée à un enregistreur graphique.

4.0 MESURE DE L'ISOLATION DES CONDUCTEURS

Normalement, l'isolation des conducteurs et circuits empêche le courant de s'écouler vers le châssis des équipements ou le sol, c'est-à-dire de fuir vers la terre. Une fuite de courant vers la terre créera des tensions parasites et présente un risque d'électrocution.

Les conducteurs peuvent laisser couler ou fuir le courant vers la terre, si l'enveloppe isolante des câbles ou des conducteurs est craquée, brisée, laissant ainsi pénétrer l'humidité qui conduit l'électricité.

Les vibrations, les variations de température, l'humidité, les gaz ammoniacaux, les liquides tels le purin et le vieillissement des équipements, dégradent l'isolation des câbles et circuits. Une rupture des isolants cause souvent des fuites de courant et donc des tensions parasites.

4.1 Mégohmmètre (megger)

Le mégohmmètre mesure l'isolation électrique des câbles et équipements électriques. Il injecte dans les équipements des tensions de plusieurs centaines de volts. Il permet de repérer les défauts d'isolation entre les conducteurs et la mise à la terre ou le châssis des équipements.

Le mégohmmètre doit être utilisé selon les recommandations du manufacturier si on veut obtenir des résultats précis.

4.2 Essai d'isolation

L'essai d'isolation consiste à mesurer la résistance électrique de l'enveloppe des conducteurs ainsi que l'isolation des circuits électriques des machines et équipements. Le mégohmmètre permet de localiser les défauts d'isolation des câbles et des appareils électriques.

L'essai d'isolation doit être réalisé lorsque:

a) les animaux continuent à présenter des troubles en dépit de tous les essais de repérage de sources de tension et de corrections apportés aux circuits;

b) lorsqu'un filtre est installé entre la mise à la terre et le neutre secondaire à la ferme. Il faut alors tester l'isolation de tous les circuits.

Procédure:

a) Débrancher le circuit ou l'appareil à tester;

b) Mesurer l'isolation avec le mégohmmètre;

c) Rebrancher le circuit ou l'appareil;

d) Mesurer l'isolation des autres circuits.

Consigner les lectures et l'identification des circuits.

Un électricien reconnu doit être présent durant les tests puisqu'il faut débrancher les circuits dans les coffrets et les panneaux de distribution.

e) Remplacer tous les appareils, câbles et coffrets présentant des défauts d'isolation, c'est-à-dire dont l'isolation est inférieure aux valeurs données au tableau suivant.

TABLEAU 1: RÉSISTANCE MINIMALE DE L'ISOLANT DES INSTALLATIONS
(Code d'Électricité du Québec)

Installation Cuivre ou aluminium	Résistance de l'isolant Ohms
Pour circuits avec conducteurs n° 14 ou n° 12 AWG	1 000 000
Pour circuits avec conducteurs n° 10 AWG ou plus gros	
25 à 50 A	250 000
51 à 100 A	100 000
101 à 200 A	50 000
201 à 400 A	25 000
401 à 800 A	12 000
Plus de 800 A	5 000

NOTE: Lorsque des douilles de lampes, des prises de courant, des luminaires, des plinthes chauffantes ou autres appareils sont connectés à l'installation, ou lorsque le taux d'humidité est excessif, on peut prévoir des valeurs de résistance de l'isolant inférieures.

5.0 RÉSEAU DE MISE A LA TERRE DE LA FERME

Le réseau de mise à la terre de la ferme doit être en très bon état afin de prévenir la production de tensions trop élevées sur les équipements métalliques à la ferme. L'inspection visuelle des éléments du réseau constitue une première démarche d'évaluation de l'état du réseau de mise à la terre. Elle peut être suivie d'une évaluation plus détaillée basée sur la mesure de la résistance entre la terre et le réseau de mise à la terre.

5.1 Inspection du réseau de mise à la terre

La première intervention dans un cas de tensions parasites consiste à inspecter le réseau de mise à la terre de la ferme. Le réseau de mise à la terre inclut des mises à la terre de l'entrée électrique, des équipements et la mise à la terre du transformateur alimentant la ferme. La procédure d'inspection à suivre est la suivante:

1) Inspecter les tiges de mise à la terre et le raccordement des conducteurs à la tige de mise à la terre;

2) Vérifier la solidité et l'état des conducteurs neutres et de mise à la terre dans les entrées électriques de la ferme et de chaque bâtiment;

3) Vérifier la présence et l'état des mises à la terre des équipements électriques et d'éclairage. Vérifier soigneusement l'état de la mise à la terre du chauffe-eau, de la pompe à eau et de l'équipement de traite;

4) Vérifier la propreté des boîtiers électriques de raccordement et de contrôle, ainsi que des coffrets et des panneaux de distribution;

5) Vérifier l'état de la mise à la terre.

Si l'inspection visuelle révèle des déficiences, un électricien doit intervenir afin :

- de refaire les raccords corrodés ou lâches;
- de solidifier les tiges de mise à la terre;
- de mesurer la résistance du réseau de mise à la terre de la ferme; (voir section 6.7);
- d'éliminer les joints sur le conducteur de mise à la terre;
- de remplacer les boîtiers rouillés ou corrodés;
- d'installer ou de refaire les mises à la terre des équipements.

6) Vérifier l'état de la mise à la terre du transformateur alimentant la ferme ou le bâtiment.

Si l'inspection visuelle révèle des déficiences, aviser le fournisseur d'électricité.

5.2 Mesure de la résistance du réseau

Il est important que la résistance du réseau de mise à la terre de la ferme soit aussi basse que possible. Si la résistance entre la terre et les tiges de mise à la terre est basse, les mises à la terre capteront les courants parasites au lieu des équipements métalliques en contact avec la terre tels les abreuvoirs, convoyeurs et équipements de traite.

Avant de procéder à des mesures de résistance, il faut vérifier si le réseau de mise à la terre est en bonne condition. Consulter la section INSPECTION DU RÉSEAU DE MISE A LA TERRE.

5.2.1 Mesure de la résistance de mise à la terre

La résistance est mesurée avec un ohmmètre de résistance de mise à la terre (Earth tester), utilisant trois bornes. La méthode de mesure est illustrée à la figure 22.

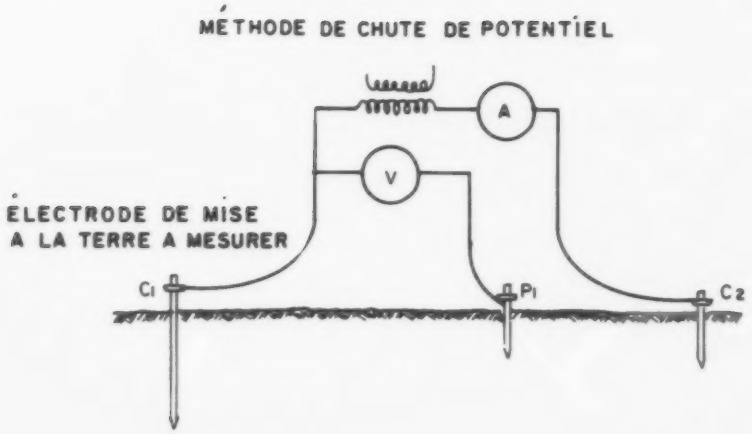


Figure 22: Mesure de la résistance de mise à la terre à l'aide de 2 électrodes auxiliaires et de la méthode de la chute de potentiel.

La localisation des deux électrodes auxiliaires P2 et C2 est importante. La distance entre les électrodes C1 et P2 devrait être égale à 6 fois la profondeur de l'électrode de terre C1. La distance entre les électrodes C1 et C2 devrait être 10 fois la profondeur de l'électrode C1.

L'ohmmètre de résistance de mise à la terre devrait indiquer directement la résistance. Il convient de lire soigneusement et de suivre les recommandations du manufacturier de l'appareil.

Procédure de mesure

Le système de mise à la terre de la ferme comprend les diverses mises à la terre du branchement principal de la ferme et de chacun des bâtiments. Il inclut aussi le puits ou le réseau d'aqueduc, si celui-ci est utilisé pour la mise à la terre.

5.2.2 Mesure de résistance du réseau de mise à la terre de la ferme

La mesure de la résistance du réseau de mise à la terre requiert un personnel expérimenté. La procédure suivante doit être suivie:

1. mesurer la distance maximale entre les tiges de mise à la terre. Si le puits fait partie du réseau, obtenir la profondeur de l'enveloppe métallique du puits (casing);

2. déterminer la plus grande des distances, soit la distance maximale entre les tiges, soit la profondeur de l'enveloppe métallique du puits;

3. déterminer à l'aide du tableau 2 les distances entre l'électrode de terre C1 et les électrodes auxiliaires C2 et P2.

TABLEAU 2: Distance approximative d'une électrode de mise à la terre (C_1) à des électrodes auxiliaires pour la détermination de la résistance du sol en utilisant la méthode de la chute de potentiel (Lang, 1966)

Distance maximale du réseau de mise à la terre (m)	Distance à P_2 (m)	Distance à C_2 (m)
1.8	24.0	37.5
2.4	27.0	42.0
3.0	30.0	48.0
3.6	31.5	51.0
4.2	36.0	57.0
4.8	37.5	60.0
5.4	39.0	63.0
6.0	42.0	66.0
12.0	60.0	96.0
18.0	72.0	117.0
24.0	84.0	135.0
30.0	93.0	150.0
48.0	120.0	192.0
60.0	132.0	213.0

4. ouvrir le sectionneur de l'entrée électrique de la ferme. Débrancher le neutre secondaire de la borne du neutre dans le branchement principal, tel qu'indiqué à la figure 23 (point A).

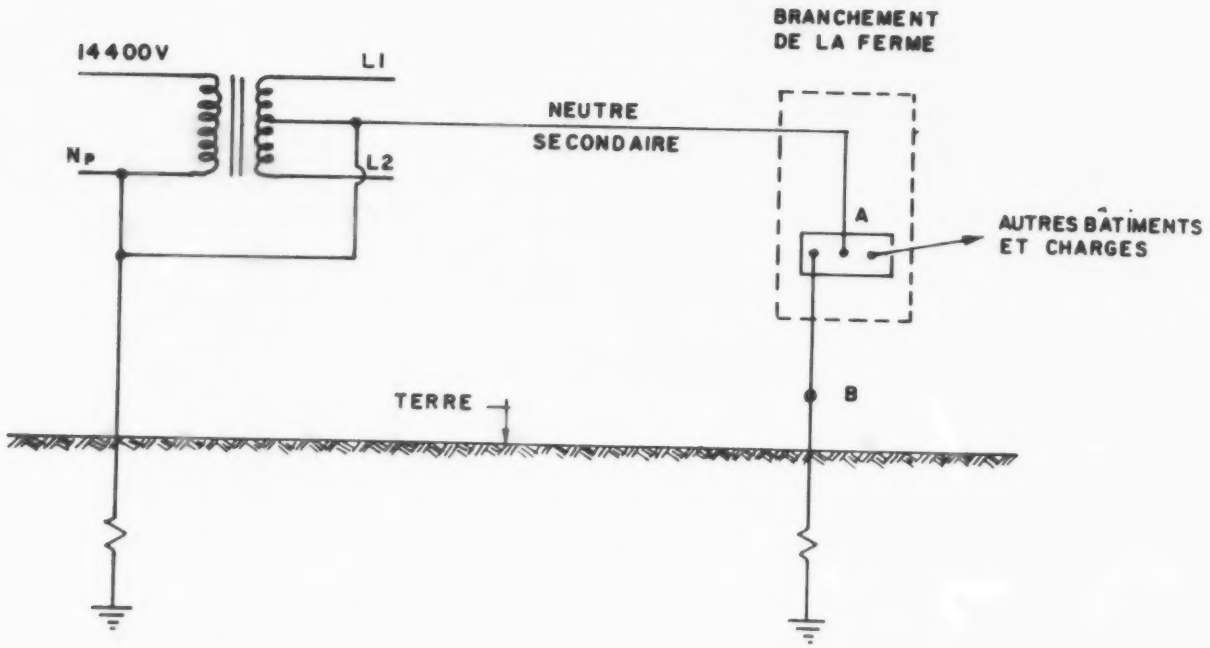


Figure 23: Branchement de la ferme.

Il est recommandé de prendre des lectures dans différentes directions autour de la tige de mise à la terre à tester.

Pour obtenir la résistance de l'électrode de mise à la terre (figure 23, point B), débrancher la tige du conducteur de mise à la terre.

5.2.3 Mesure de résistance du réseau de mise à la terre d'un bâtiment

Répéter la procédure décrite précédemment.

a. Réseau de mise à la terre du bâtiment

Pour obtenir la résistance du réseau de mise à la terre d'un bâtiment,

- ouvrir le sectionneur de l'entrée électrique du bâtiment;
- débrancher le conducteur neutre de la borne du neutre dans le branchement du bâtiment (figure 24, point C);
- obtenir les mesures.

BRANCHEMENT D'UN BÂTIMENT

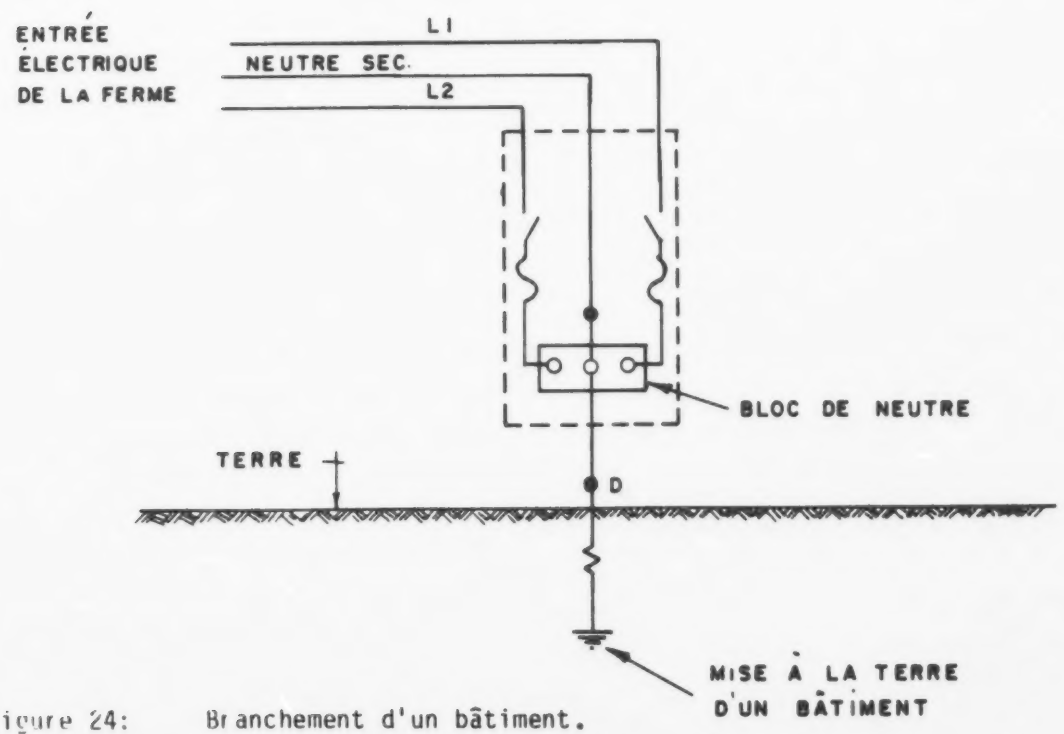


Figure 24: Branchement d'un bâtiment.

b. Tige de mise à la terre

Ouvrir le sectionneur de l'entrée électrique du bâtiment.

Débrancher la tige de mise à la terre du conducteur de mise à la terre (figure 24, Point D).

Obtenir les mesures de résistance.

5.2.4 Mesures correctives

Si la résistance de la mise à la terre d'un bâtiment, d'une tige de mise à la terre ou du branchement principal de la ferme est trop élevée, améliorer la qualité de la mise à la terre en relocalisant la tige ou en installant une deuxième tige ou en assurant de bons raccords entre la mise à la terre et les équipements métalliques.

NOTE: La diminution de la résistance de mise à la terre à quelques ohms ou moins est très difficile; de plus, elle n'entraînera souvent qu'une baisse minime de la tension sur le conducteur neutre primaire. Il est important que la résistance du réseau de mise à la terre, composé de plusieurs tiges, du puits et d'équipements en contact avec le sol, soit aussi basse que possible.

Il n'est pas recommandé d'installer, lorsque requis, plus de 2 tiges en parallèle car la baisse de tension ne varie pas proportionnellement avec la réduction de la résistance due à l'effet du réseau. Installez alors les 2 tiges à plus de 2 mètres l'une de l'autre.

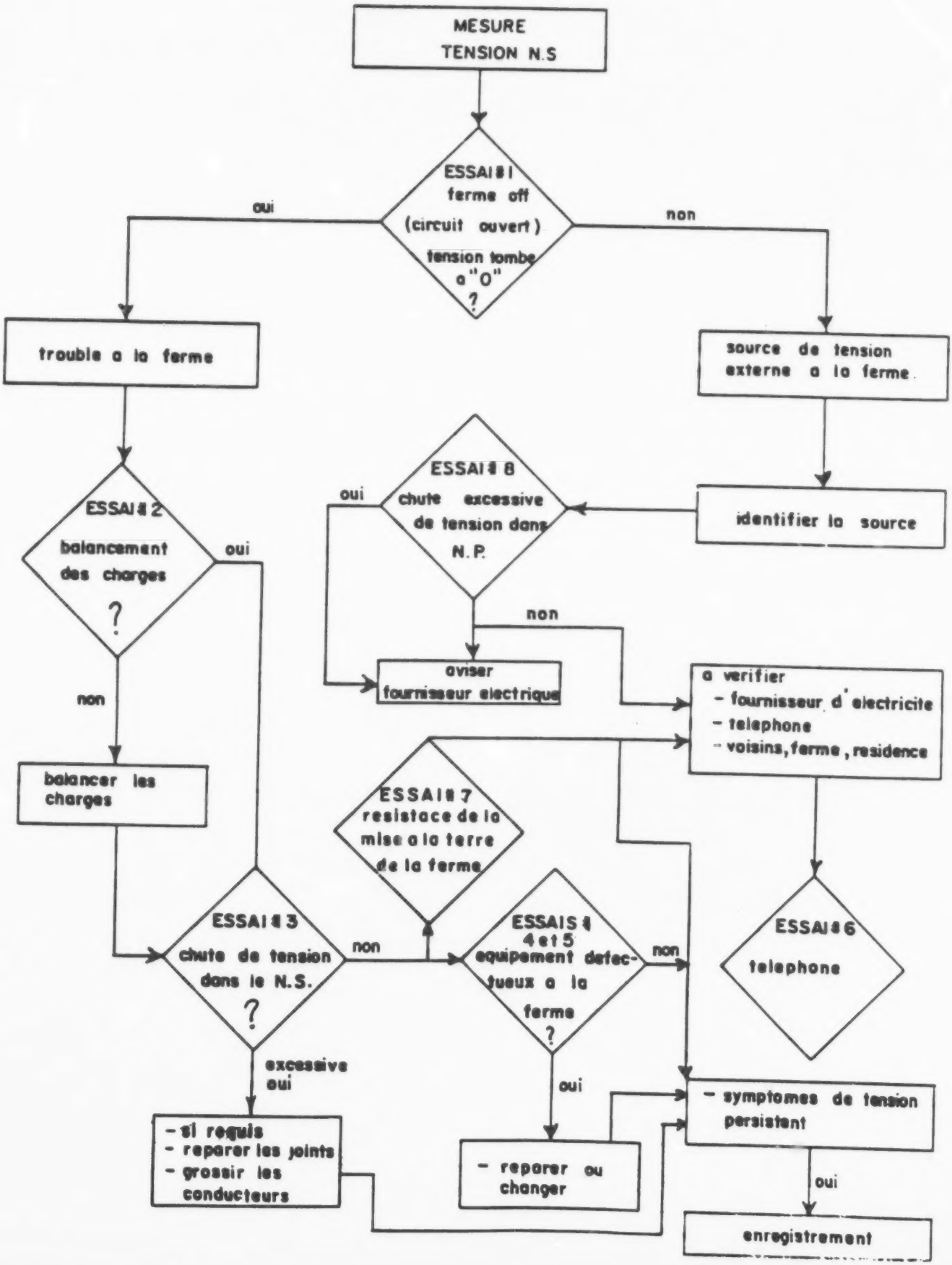
6.6 IDENTIFICATION DES SOURCES DE TENSIONS PARASITES ET MÉTHODES CORRECTIVES

La procédure consiste à réaliser une série d'essais en séquence, afin de déterminer la source probable des tensions parasites qui apparaissent à la ferme.

La procédure de repérage des tensions parasites comprend 7 étapes qui sont décrites par le diagramme logique de la figure 25. Les étapes ou essais doivent être réalisés selon la séquence de la figure 25 afin d'identifier de façon systématique les sources de tensions parasites.

Avant de prendre des mesures complètes sur le réseau de distribution à la ferme, il faut inspecter le réseau électrique de la ferme pour s'assurer de son bon état.

Figure 25 : **DIAGRAMME DES ETAPES SERVANT A IDENTIFIER LA SOURCE DES TENSIONS PARASITES**



6.1 Origine des tensions parasites (essai # 1)

a. But:

Déterminer si les tensions proviennent de la ferme ou de l'extérieur.

b. Équipement de mesure:

- Multimètre;
- Tige de mise à la terre de référence.

c. Procédure:

- Mesurer la tension sur le neutre secondaire de l'entrée électrique de la ferme à l'aide d'une tige de référence. Suivre les étapes suivantes:

a) Sectionneur fermé (ON), c'est-à-dire ferme alimentée en 120-240V.

b) Sectionneur ouvert, c'est-à-dire ferme isolée du fournisseur.

Compléter le tableau 3.

Tableau 3: Détermination de l'origine des tensions parasites

Ferme	Tension sur le neutre secondaire (Volt)
Sectionneur fermé	
Sectionneur ouvert	

d. Interprétation des résultats

Les tensions proviennent de la ferme si les tensions sur le neutre diminuent beaucoup ou deviennent nulles, lorsque le sectionneur est ouvert.

Les tensions proviennent de l'extérieur de la ferme si les tensions subsistent sur le neutre secondaire de la ferme. Dans le cas des tensions parasites induites provenant hors la ferme, le fournisseur d'électricité en est souvent la source.

e. Mesures correctives

1) Tension provenant hors de la ferme

Poursuivre les investigations pour identifier la source externe qui peut être le fournisseur d'électricité, les réseaux de communications ou des exploitations agricoles ou industries alimentées par le même réseau de distribution. Effectuer les essais # 5 et # 6 (voir diagramme des étapes servant à identifier la source des tensions parasites).

2) Tension provenant de la ferme

- Balancer les charges 120 volts (voir section 6.2);
- Inspection plus poussée des circuits et des équipements électriques de la ferme. (Voir la section 6.4);
- Réparer si nécessaire le système électrique pour le rendre conforme au Code de l'Électricité.

Effectuer les essais 2, 3 et 4 (figure 25).

6.2 Vérification du balancement des charges 120 Volts (essai # 2)

a. But:

Déterminer si les charges sont balancées, c'est-à-dire si le courant circulant dans le neutre secondaire est inférieur à 10 ampères.

b. Équipement de mesure:

- Pince ampèremétrique;
- Prendre les mesures sur les conducteurs dans le coffret de répartition ou de sectionnement de la ferme ou du bâtiment.

c. Procédure:

- Prendre les lectures à l'heure de la traite où la période de charge est maximale; ou
- Mettre en marche toutes les charges habituellement opérées ensemble;
- Mesurer les courants I_1, I_2 et I_N.

Compléter le tableau 4.

Tableau 4 : Vérification du balancement des charges par détermination des courants circulant dans les conducteurs L_1 L_2 et dans le neutre secondaire.		
Bâtiment : _____ Date : _____ Heure: _____		
Courant (A)	Essai # 1	Essai # 2
Conducteur L_1 I_1		
Conducteur L_2 I_2		
Neutre secondaire I_N		

d. Interprétation des résultats

- Le débalancement des charges 120 volts est trop élevé si le courant dans le neutre secondaire, I_N excède 10 ampères;

- Répéter le test pour l'entrée électrique de la ferme et celle de chacun des bâtiments, incluant la résidence de la ferme.

e. Mesures correctives

- Modifier le raccordement des charges 120V dans le panneau de distribution des bâtiments où les charges ne sont pas balancées;

- Raccorder sur la tension 240V les moteurs bi-tension 120/240V déja raccordés sur la tension 120V;

- Réaliser le test # 3;

- Effectuer des enregistrements du courant dans le neutre secondaire si requis.

6.3 Chute de tension dans le neutre secondaire (essai # 3)

a. But:

Déterminer si la chute de tension dans le neutre secondaire est acceptable.

b. Équipement de mesure:

- Multimètre;
- Pince ampèremétrique;
- Conducteur isolé.

c. Procédure:

- La chute de tension dans le conducteur neutre de l'artère aérienne est mesurée en reliant la ferme au transformateur;

- Arrêter tous les équipements de la ferme opérant sur le 240V (moteur, chauffe-eau et chauffage);

- Raccorder des charges 120V de façon à faire circuler 10 à 20A dans le conducteur neutre. Utiliser un moteur 120V, une chaufferette 120V ou un grille-pain pour ce test;

- Mesurer le courant I_N dans l'entrée électrique et la tension entre les mises à la terre du transformateur et de la ferme (figure 26).

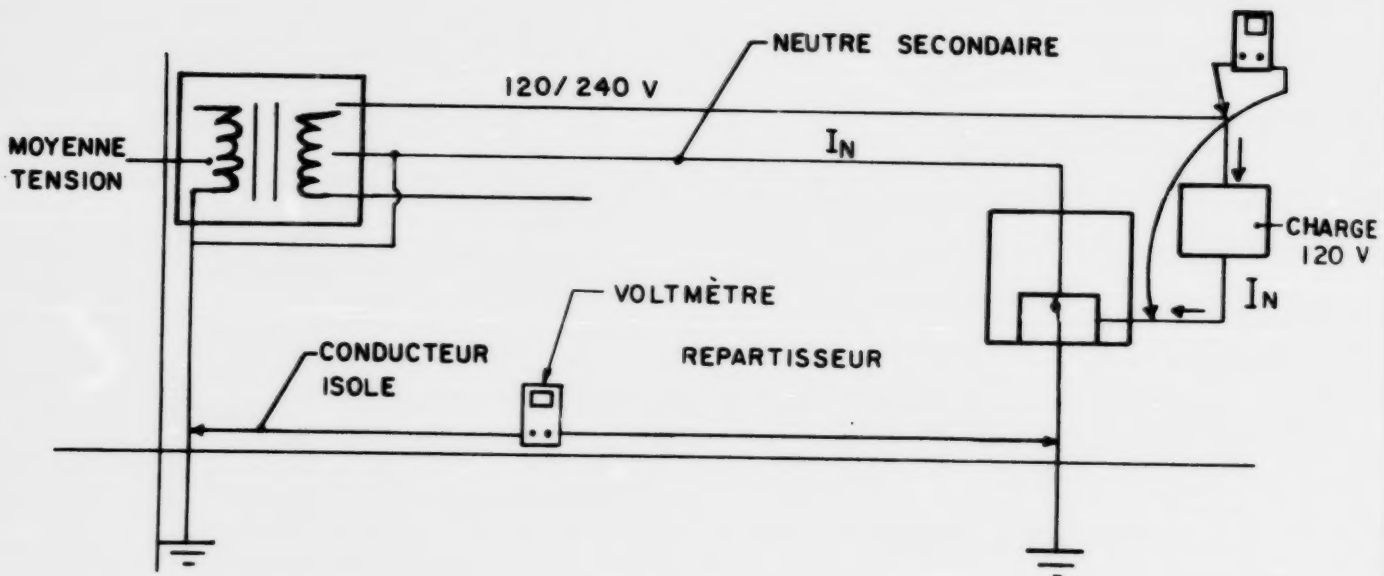


Figure 26: Mesure de la chute de tension sur le neutre secondaire (entre la mise à la terre du transformateur et celle de l'entrée électrique).

- Prendre les lectures pour 2 courants I_{N1} et I_{N2} et la tension à la charge.

TABLEAU 5 : Détermination de la chute de tension dans le neutre secondaire

Courant I_N* (A)		Chute de tension dans le neutre secondaire (Figure 26) (V)	Tension à la charge** (V)
Essai			
1	---	V_{NS}	E
2	---	V_{NS}	E
3	---	V_{NS}	E

* Mesurer le courant dans l'entrée électrique de la ferme.

** Mesurer la tension à la charge dans la prise de courant à laquelle est raccordée la charge.

NOTE: Durant ce test, mesurer le courant dans le neutre ou dans l'un ou l'autre des conducteurs L_1 et L_2, mais non dans les deux à la fois.

d. Interprétation des résultats

Chute de tension dans le neutre secondaire

$$\text{Chute de tension \%} = E\% = \left(\frac{E_2 - E_o}{E_o} \right) 100$$

Si la chute de tension excède 1% ou 1.2 volt (0.01 x 120V) alors, il faut réduire la tension en améliorant des joints ou en grossissant le conducteur neutre secondaire.

e. Mesures correctives

- Vérifier et améliorer s'il y a lieu les joints sur le conducteur neutre secondaire dans les coffrets de sectionnement et à l'extérieur;
- Éliminer les joints sur le conducteur neutre;
- Grossir le conducteur neutre;
- Rapprocher le transformateur de l'entrée électrique de la ferme (distance minimale de 15 mètres);
- Vérifier le balancement des charges (étape # 2);
- Si les troubles persistent, réaliser l'étape # 4.

6.4 Identification d'équipements défectueux à la ferme (essai # 4)

a. But:

Identifier les équipements électriques défectueux pouvant créer des tensions parasites et les défauts de mise à la terre.

b. Équipement de mesure

- Multimètre;
- Mise à la terre de référence.

c. Procédure:

- Prendre les mesures entre le neutre secondaire de l'entrée électrique de la ferme et la mise à la terre de référence. Répéter les lectures pour le châssis des équipements;
- Identifier les circuits dans le panneau de distribution;
- Mettre hors circuit (OFF) tous les équipements en plaçant les disjoncteurs en position ouverte (OFF) ou en enlevant les fusibles.

Pour chacun des circuits

- Fermer le disjoncteur ou installer le fusible et mesurer la tension sur le neutre;
- Mettre en marche l'équipement et mesurer la tension;
- Noter le circuit et les variations de tension supérieures à 0.2 volt. Mettre le circuit hors tension;

- Répéter cette procédure pour chacun des circuits. Entrer les résultats au tableau 6:

Tableau 6 : Localisation des équipements défectueux

Équipement	Numéro du circuit	En marche		Arrêté
		Neutre secondaire Tension (V)	Châssis de l'équipement Tension (V)	Tension sur le neutre secondaire (V)
Pompe				
Réservoir d'eau chaude				
Refroidisseur à lait				
Pompe à vide				
Pulsateur				
Convoyeur dans l'étable				
Videur de silo				
Abreuvoirs chauffants				

Mesurer aussi la tension entre le châssis des équipements et la tige de référence.

Note: Mettre sous tension tous les circuits à la fin du test.

d. Interprétation des résultats

Les variations de tension peuvent être dues à des chutes de tension sur les neutres primaire et secondaire ou à des équipements défectueux. Il faut analyser les résultats avec soin.

Si on suspecte de l'équipement électrique défectueux:

Avec les circuits sous tension, mettre en marche un par un les équipements que l'on suspecte défectueux et mesurer les tensions sur le neutre. Les variations de tension mesurées antérieurement seront encore observées.

Le trouble électrique peut être dû au câblage, au boîtier de contrôle (démarreur et interrupteur) et à l'équipement lui-même.

Si des circuits présentent des défectuosités, un essai de résistance d'isolation devra être réalisé avec un mégohmètre.

e. Mesures correctives

1) Remplacer le câblage défectueux;

2) Réparer ou remplacer les équipements présentant des défauts d'isolation électrique;

3) Nettoyer les équipements, tels que moteurs, luminaires incandescents et fluorescents;

Note: Une tension peut exister sur le châssis de l'équipement et ne pas apparaître sur le conducteur neutre si le châssis de l'équipement n'est pas mis à la terre.

6.5 Vérification des charges 240 volts (essai # 5)

a. But:

Mesurer les tensions sur le neutre secondaire et déterminer l'état des charges 240 V.

b. Équipement de mesure:

- Tige de référence;
- Multimètre;
- Pince ampèremétrique.

c. Procédure:

1) Installer la tige de référence et le multimètre pour lire la tension entre la terre et le neutre secondaire;

2) Installer la pince ampèremétrique autour du conducteur neutre dans la vacherie ou l'entrée électrique de la ferme;

3) Enregistrer les lectures du multimètre et de la pince ampèremétrique alors que plusieurs charges 240 Volts sont ajoutées successivement à la charge précédente. Consigner les résultats au tableau 7.

NOTE: Durant cet essai, il faut vérifier qu'aucune charge 120 V n'est ajoutée ou retranchée; une telle situation sera indiquée par une variation prononcée du courant dans le neutre.

Tableau 7 : Vérification des charges 240 V

Charges 240 V	N° du circuit	Tension sur le neutre, (V)	Courant I_N (A)

Utiliser des moteurs électriques de 1.5 kW à 3.75 kW pour l'essai # 5 ou des aérothermes de 3 à 5 kW.

d. Interprétation

L'augmentation des tensions entre le neutre et la terre est due à l'une ou l'autre des 2 causes suivantes:

1) à une augmentation des tensions sur le neutre primaire résultant d'un accroissement de la charge électrique;

2) à des équipements électriques 240 V en opération qui sont défectueux.

Si la mise en opération d'une charge 240 V accroit significativement le courant dans le neutre secondaire, tel qu'indiqué par la pince ampèremétrique, ceci est attribuable à des charges 120 volts opérant avec une charge 240 volts ou à un défaut d'isolation d'un appareil.

Des changements très légers dans le courant du conducteur neutre peuvent être observés; il en résulte des variations des tensions entre la terre et le neutre qui forcent des courants à circuler dans les mises à la terre du réseau électrique de la ferme. Ces variations seront minimes et n'indiquent pas un défaut d'isolation électrique des appareils.

e. Mesures correctives

- Réparer ou remplacer les appareils défectueux opérant sur la tension 240 volts.

6.6 Vérification du réseau téléphonique (essai # 6)

a. But:

Déterminer la contribution du réseau téléphonique aux tensions parasites à la ferme.

b. Équipement de mesure:

- Mise à la terre de référence;
- Multimètre.

c. Procédure:

1) Installer la tige de mise à la terre de référence;

2) Mesurer les tensions CA et CC entre le neutre de la ferme ou d'un bâtiment et la tige de référence;

3) Débrancher la mise à la terre du téléphone à la résidence et à l'étable. La mise à la terre du téléphone est normalement reliée à la mise à la terre de la résidence ou de la ferme, près de l'entrée électrique;

4) Mesurer à nouveau la tension CA et CC;

5) Ouvrir le sectionneur de la ferme (OFF) et reprendre les lectures.

Tableau 8 : Vérification du réseau téléphonique

Test	Téléphone	
	branché	débranché
Ferme alimentée (sectionneur principal fermé)	Tension CA_____ CC_____	Tension CA_____ CC_____
Ferme mise hors tension (sectionneur principal ouvert)	CA_____ CC_____	CA_____ CC_____

Un test supplémentaire peut être réalisé avec un enregistreur à papier, si disponible. Raccorder l'enregistreur à la place du multimètre et enregistrer la tension CA et CC alternativement.

Note: Cet essai peut être répété pour chacun des bâtiments.

d. Interprétation des résultats

Le réseau téléphonique de la compagnie ou de la ferme est en trouble si les variations de tension CA ou CC observées sont de plusieurs volts. Une vibration continue à l'aiguille de l'enregistreur indique aussi des fuites de courant provenant du réseau téléphonique.

Souvent les communications téléphoniques seront mauvaises et le réseau de téléphone pourra alors induire des tensions parasites.

e. Mesures correctives

- Demander à la compagnie de téléphone de vérifier son réseau et celui de la ferme;
- Faire vérifier le câblage, les appareils et les mises à la terre du téléphone à la ferme;
- Remplacer les appareils défectueux.

6.7 Résistance de la mise à la terre à la ferme (essai # 7)

a. But:

Déterminer la résistance de la mise à la terre

b. Équipement de mesure:

- Ohmmètre pour résistance de mise à la terre (Earth tester).

c. Procédure:

- Installer deux à trois tiges de référence dans le sol et raccorder un ohmmètre pour résistance de mise à la terre (section 5);
- Mesurer la résistance du réseau de mise à la terre de la ferme;
- Mesurer la résistance de la mise à la terre du ou des bâtiments d'élevage;
- Mesurer la résistance des tiges individuelles de mise à la terre.

Tableau 9 : Vérification de la résistance des mises à la terre Date: _____	
Endroit	
Réseau de la ferme	____
Réseau des bâtiments individuels:	
Bâtiment # 1 _____	____
Bâtiment # 2 _____	____
Bâtiment # 3 _____	____
Bâtiment # 4 _____	____
Tige de mise à la terre:	
Bâtiment # 1 _____	____
Bâtiment # 2 _____	____
Bâtiment # 3 _____	____
Bâtiment # 4 _____	____

d. Interprétation des résultats:

La résistance du réseau de mise à la terre de la ferme devrait normalement se situer entre 10 et 25 ohms, lesquelles valeurs sont difficiles à atteindre en pratique, compte tenu de la résistivité élevée des sols.

Plus elle est basse, plus les tensions parasites sont faibles.

Il est à noter que la résistance du réseau de mises à la terre du fournisseur doit être inférieure à celle du réseau de mise à la terre de la ferme pour prévenir l'entrée du courant primaire sur le neutre secondaire.

e. Mesures correctives

Si la résistance mesurée est trop élevée, elle peut être diminuée par l'une ou l'autre des méthodes suivantes:

1) Si possible, raccorder la tige de mise à la terre existante à un puits;

2) Vérifier si la longueur et la profondeur de la tige de mise à la terre rencontrent les normes;

3) Installer une autre tige de mise à la terre à une distance minimale de 13 mètres de la tige existante.

Note: L'installation de 3 ou 4 tiges procure rarement des réductions de résistance des mises à la terre.

6.8 Chute de tension sur le neutre primaire - neutres séparés (essai # 8)

a. But:

Déterminer la chute de tension causée par le réseau de distribution du fournisseur d'électricité.

Cet essai doit être réalisé en collaboration avec le fournisseur d'électricité et son personnel technique. Il est normalement effectué après les autres tests, dans les cas très sérieux de tensions parasites.

b. Équipement de mesure:

- Multimètre;
- Pince ampèremétrique;
- Conducteur isolé;
- Tige de mise à la terre;
- Équipe technique du fournisseur d'électricité.

c. Procédure:

1) Le lien entre le neutre primaire et le neutre secondaire au transformateur doit être enlevé, une fois que les neutres sont séparés, il ne devrait y avoir aucun changement dans les tensions sur le neutre secondaire de la ferme lorsque les charges 240 Volts sont opérées.

2) Installer une mise à la terre de référence à environ 15 mètres de la mise à la terre du transformateur alimentant la ferme.

3) Mesurer la tension entre la mise à la terre de référence et la mise à la terre du transformateur et le courant dans l'entrée électrique.

4) Mettre en marche un moteur de 2.25 à 3.75 kW opérant sur le 240 V. Mesurer la tension et le courant. Entrer les résultats dans le tableau suivant.

5) Mettre en marche un moteur 240V additionnel et mesurer à nouveau la tension et le courant.

Tableau 10 : Chute de tension sur le neutre primaire

Test	Charge 240 volts	Tension sur le neutre primaire (Volt)	Courant I I_1 ou I_2 (A)	Courant sur le neutre secondaire I_N (A)
# 1	Aucune charge			
# 2	Un moteur			
# 3	Deux moteurs			
# 4	Trois moteurs			

Au cours de cet essai, le courant dans le conducteur neutre ne doit pas varier, si ce n'est que très légèrement. Vérifier qu'aucune charge 120 volts n'est ajoutée ou retranchée durant l'essai.

d. Interprétation des résultats

La chute de tension qui est mesurée est due à la résistance équivalente du neutre primaire et des mises à la terre du réseau de distribution et au courant y circulant. Cette chute de tension est une source de tension parasite qui apparaît à la ferme et qui s'additionne ou se soustrait de la chute de tension dans le neutre secondaire de la ferme.

Si les tensions entre le neutre et la terre augmentent à la ferme avec les charges 240 V, il y a soit des équipements ayant des défauts d'isolation électrique, soit un retour de la tension présente sur le neutre primaire vers le neutre secondaire à travers la terre ou d'autres circuits électriques.

e. Mesures correctives

- Demander au fournisseur d'électricité de vérifier la ligne de distribution alimentant la ferme. (mises à la terre, équipements tels que transformateurs, condensateurs, sectionneurs et porte-fusibles).

- La séparation des neutres primaire et secondaire, l'installation de filtre et/ou de transformateur d'isolation peut constituer la seule solution, s'il s'avère très difficile ou impossible de réduire la tension sur le neutre primaire en dessous du seuil de tolérance des animaux.

7.0 MESURE ET CORRECTION DES TENSIONS CONTINUES (CC)

La procédure de mesure des tensions parasites est identique à celle des tensions CA; le multimètre et l'enregistreur graphique sont utilisés. Afin de vérifier la force de la source de tension CC, installer une résistance de 10 kΩ aux bornes de l'appareil de mesure. Des enregistrements continus seront très utiles pour établir un lien entre ces tensions et l'opération des équipements de la ferme.

Mesures correctives

Des mesures correctives sont suggérées si des tensions CC supérieures à 1 volt sont observées.

Dans tous les cas, il faut réduire ou éliminer les tensions parasites CA avant de tenter de réduire les tensions CC, sauf si celles-ci originent de la ferme.

Pour réduire ou éliminer les tensions CC provenant de la ferme,

a) remplacer les équipements défectueux utilisant la tension continue;

b) utiliser seulement des équipements dont les circuits électroniques sont isolés de l'humidité, c'est-à-dire conçus pour endroits humides.

Dans le cas des tensions CC provenant de l'extérieur de la ferme, deux cas se présentent, soit:

- les tensions parasites CC ne peuvent être éliminées, que la source en soit connue ou non; l'amplificateur électronique de mise à la terre peut constituer la seule solution lorsque l'amplitude des tensions excède 1 volt;

- il est possible de réduire ou de supprimer les tensions CC en supprimant leur source.

La solution des problèmes causés par les tensions CC est plus difficile que pour les tensions CA.

8.0 RÉDUCTION ET SUPPRESSION DES TENSIONS PARASITES

Les diverses méthodes de réduction ou de suppression des tensions parasites visent à réduire les tensions parasites en-dessous du seuil de sensibilité de l'animal. Certaines méthodes peuvent supprimer complètement les tensions parasites à la ferme en isolant celle-ci de la source de tension, si elle est externe à la ferme; d'autres laissent entrer les tensions à la ferme mais isolent l'animal de celles-ci.

Il faut noter qu'il est souvent impossible ou très difficile de supprimer toutes tensions parasites.

8.1 Tension originant de la ferme

La suppression des tensions parasites originant de la ferme implique que tout le système électrique et les équipements doivent être en parfait état de fonctionnement, installés selon les exigences du Code d'Électricité du Québec, et opérés selon les recommandations des manufacturiers.

La suppression des tensions provenant de la ferme est basée sur l'identification de la source de tension et la correction du problème observé. Les principales méthodes ont été décrites à la section "mesure corrective" (section 6) des essais visant à repérer la source de tensions parasites. Les principales sont les suivantes:

- Balancement des charges 120V sur les conducteurs L_1 et L_2 de réseau 120/240V;
- Remplacer par des moteurs 240V les moteurs 120V;
- Diminuer la résistance du neutre secondaire de la ferme en
  a) améliorant les raccords et joints;

b) grossissant le conducteur du neutre secondaire;
c) rapprochant le transformateur moyenne tension de la ferme.

- Réduire la résistance du réseau de tiges de mise à la terre de la ferme et des bâtiments de ferme ayant des charges électriques élevées;

- Installer des équipements électriques convenant à la ferme c'est-à-dire pour des endroits humides, poussiéreux et à atmosphère corrosive;

- Remplacer ou réparer tous les équipements défectueux;

- Accroître la capacité de l'entrée électrique de la ferme ou d'un bâtiment si elle est insuffisante;

- Vérifier le parfait état du réseau de mise à la terre de chaque équipement, moteur, appareils de chauffage et d'éclairage.

8.2 Tension originant en dehors de la ferme

Lorsque la tension parasite origine en dehors de la ferme et qu'il est impossible de réduire la tension parasite à un niveau acceptable, il faut alors isoler la ferme du réseau de distribution moyenne tension du fournisseur, et ainsi des sources externes attribuables à d'autres installations électriques externes à la ferme.

Les méthodes d'isolation permettent de diminuer ou de supprimer complètement les tensions parasites. Elles isolent la ferme du réseau primaire de distribution, empêchant ainsi les tensions externes d'entrer à la ferme. Les principales méthodes d'isolation sont:

- le transformateur d'isolation;
- la séparation physique des neutres primaire et secondaire;
- réacteur saturable;
- filtre électronique.

8.2.1 Transformateur d'isolation

Le transformateur d'isolation fournit une isolation électrique entre le conducteur neutre primaire du fournisseur d'électricité et le conducteur neutre secondaire de la ferme. Le système électrique de la ferme est alors complètement indépendant du réseau de distribution de la compagnie d'électricité. La résistance à travers la terre entre le réseau de distribution et le réseau isolé de la ferme est habituellement assez élevée que les tensions parasites entre le neutre et la terre sur le réseau primaire moyenne tension, ne peuvent apparaître à la ferme.

La figure 27 décrit l'installation typique d'un transformateur d'isolation à la ferme; le transformateur doit être installé en conformité avec le Code d'Électricité.

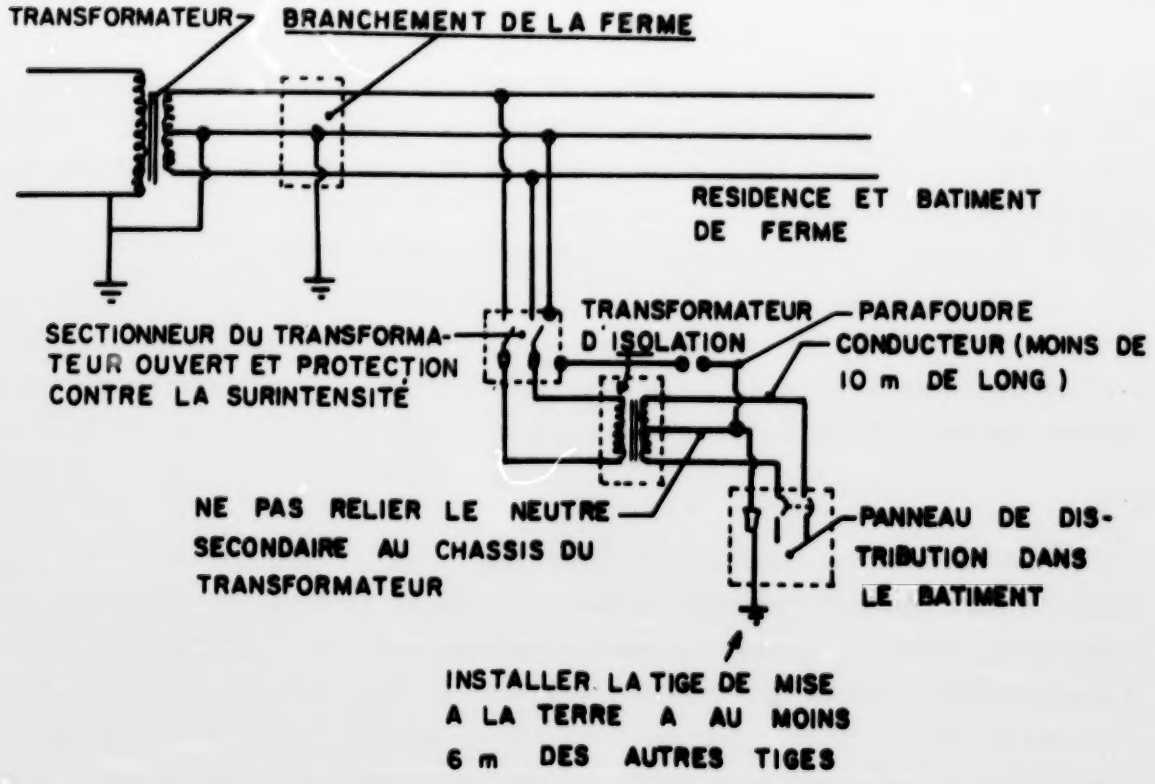


Figure 27: Installation type d'un transformateur d'isolation à la ferme.

Il est moins dispendieux d'installer le transformateur dans le bâtiment à isoler, tel que l'étable ou la porcherie; il peut cependant s'avérer difficile d'isoler effectivement le neutre dans une bâtisse, si les équipements métalliques, la plomberie, les mises à la terre du téléphone dans ce bâtiment sont mis à la terre avec un autre bâtiment. Si tel est le cas, le transformateur devra être installé dans l'entrée principale de la ferme.

L'installation d'un parafoudre entre les conducteurs neutre et primaire du transformateur d'isolation peut devoir être exigé par le Code d'Électricité.

8.2.2 Séparation physique des neutres primaire et secondaire

Les fermes sont alimentées en énergie électrique par un système de distribution où les mises à la terre des réseaux primaire et secondaire sont attachées ensemble. Les neutres primaire et secondaire sont reliés au transformateur de distribution; ce lien fournit un chemin de très faible résistance lorsque la foudre frappe le réseau ou que des courts-circuits se développent suite au contact des câbles moyenne et basse tension entre eux; la présence du "lien" permet aux fusibles d'opérer plus rapidement.

Le "lien" est enlevé pour séparer les neutres primaire et secondaire, ce qui empêche toute tension parasite sur le neutre primaire, d'apparaître sur le neutre secondaire de la ferme (figure 28).

Un parafoudre (sparkgap ou lightning arrester) pourrait être installé pour jouer le rôle du "lien" lorsque la foudre frappe la ferme ou le réseau de distribution du fournisseur. La séparation des neutres doit être faite par le fournisseur d'électricité.

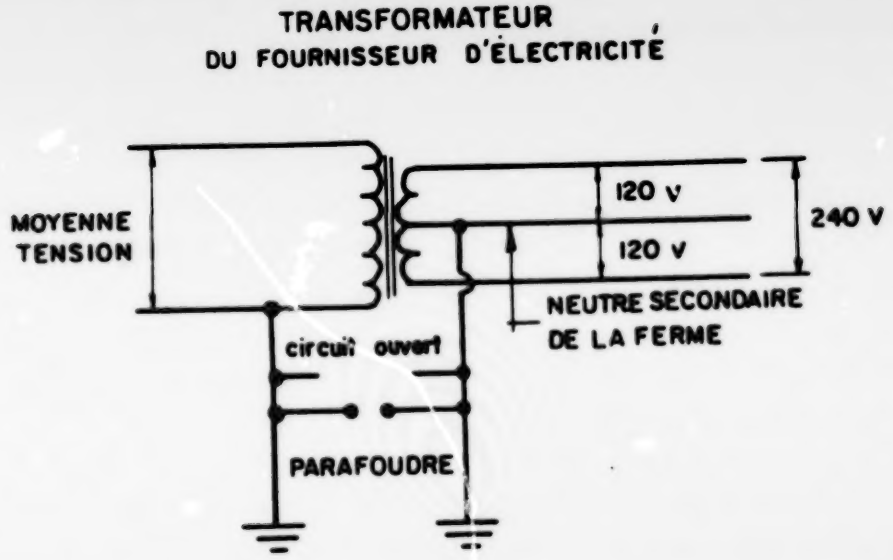


Figure 28: Séparation des neutres primaire et secondaire.

La séparation des neutres est largement pratiquée en Amérique du Nord

La séparation des neutres primaire et secondaire est généralement très efficace pour éliminer ou réduire les tensions parasites à la ferme, lorsque celles-ci proviennent de l'extérieur de la ferme.

La séparation des neutres au niveau du transformateur alimentant un client, entraîne généralement une augmentation des tensions sur le neutre primaire. La tension plus élevée apparaît alors sur le neutre secondaire des fermes voisines, pouvant y créer des problèmes. La hausse des tensions est due à la diminution du nombre de mises à la terre du réseau, puisque les mises à la terre de la ferme sont isolées de celles du fournisseur par la séparation des neutres.

Pour ces raisons, cette méthode est remise en question car elle affaiblit les réseaux de mise à la terre et entraîne souvent une hausse des tensions sur le neutre primaire vis-à-vis le client débranché.

8.2.3 Réacteur saturable

Le réacteur saturable, sous des conditions normales, a une résistance élevée à l'écoulement des courants entre les neutres primaire et secondaire. Sous des conditions de surcharge (surtension), la résistance du réacteur devient très faible, ce qui laisse circuler le courant.

Le réacteur est installé entre les neutres secondaire et primaire, au transformateur du fournisseur d'électricité, selon le diagramme de la figure 29, après avoir enlevé le lien entre les neutres primaire et secondaire. Le filtre isole effectivement les neutres primaire et secondaire. Il peut réduire de 10 à 15 fois les tensions parasites provenant de l'extérieur de la ferme. En cas de surtension, la résistance du filtre devient très basse, ce qui reconnecte les neutres primaire et secondaire automatiquement.

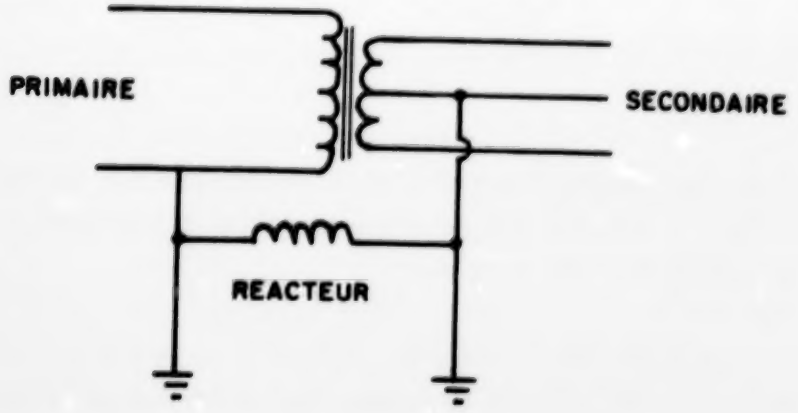


Figure 29: Installation d'un réacteur saturable entre les neutres primaire et secondaire.

Une tige de mise à la terre doit être installée et raccordée au conducteur secondaire du transformateur. Cette méthode peut aussi contribuer à augmenter la tension sur le neutre primaire.

Seul le fournisseur d'électricité peut installer et entretenir ce filtre. Un parafoudre peut devoir être installé en parallèle avec le filtre.

8.2.4 Filtre électronique

Le filtre électronique ou interrupteur électronique, est constitué de deux thyristors raccordés dos-à-dos. Les thyristors se comportent comme des interrupteurs ouverts lorsque la tension sur les neutres secondaire et primaire est inférieure à la tension d'amorçage des thyristors. Si la tension d'amorçage est dépassée, la résistance des thyristors diminue à zéro en dedans de quelques microsecondes; les thyristors se comportent alors comme un interrupteur fermé.

Le filtre électronique est installé entre les neutres primaire et secondaire, au niveau du transformateur d'alimentation de la ferme. Il isole les neutres primaire et secondaire (figure 30). Il raccorde automatiquement les neutres en cas de surtension causée par un court-circuit ou la foudre, protégeant ainsi les réseaux de distribution.

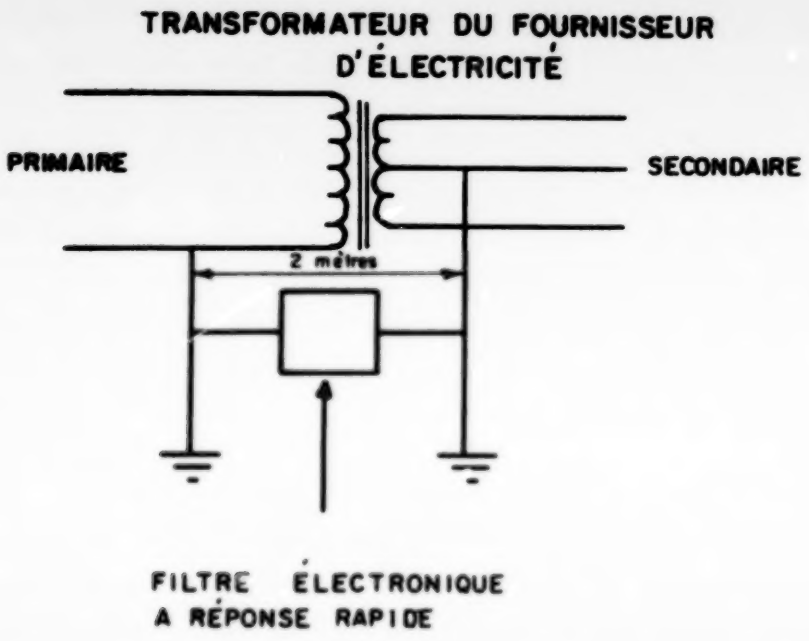


Figure 30: Installation d'un filtre électronique entre les neutres primaire et secondaire.

Les thyristors ferment et conduisent le courant même si le circuit d'amorçage devient défectueux. Il est recommandé d'installer un parafoudre ayant une tension de rupture de 3 kilovolts à 60 HZ en parallèle avec le filtre. Une électrode de mise à la terre doit être installée à au moins 2 mètres de la mise à la terre du neutre tel qu'indiqué à la figure 30.

Les deux autres méthodes n'isolent pas les neutres primaire et secondaire. Le filtre entre la mise à la terre et le neutre secondaire de la ferme laisse les tensions sur le neutre de la ferme, mais les isole de la mise à la terre et donc des animaux.

Le système auxiliaire actif de mise à la terre neutralise les tensions à la ferme, sans en éliminer leurs sources externes.

8.2.5 Filtre entre la mise à la terre et le neutre secondaire de la ferme

Ce type de filtre est un réacteur saturable identique au filtre décrit à la section 8.2.3; il est installé dans l'entrée électrique principale de la ferme, entre le neutre secondaire et la mise à la terre (figure 31). Sous des conditions normales, la résistance du filtre est élevée empêchant les tensions parasites externes à la ferme d'apparaître dans les bâtiments.

Sous des conditions de surtension ou de court-circuits, le filtre court-circuite, c'est-à-dire a une résistance très faible, ce qui relie ensemble le neutre secondaire et la mise à la terre.

Le filtre entre la terre et le neutre secondaire élimine les tensions parasites dues aux tensions causées par les courants dans le neutre secondaire.

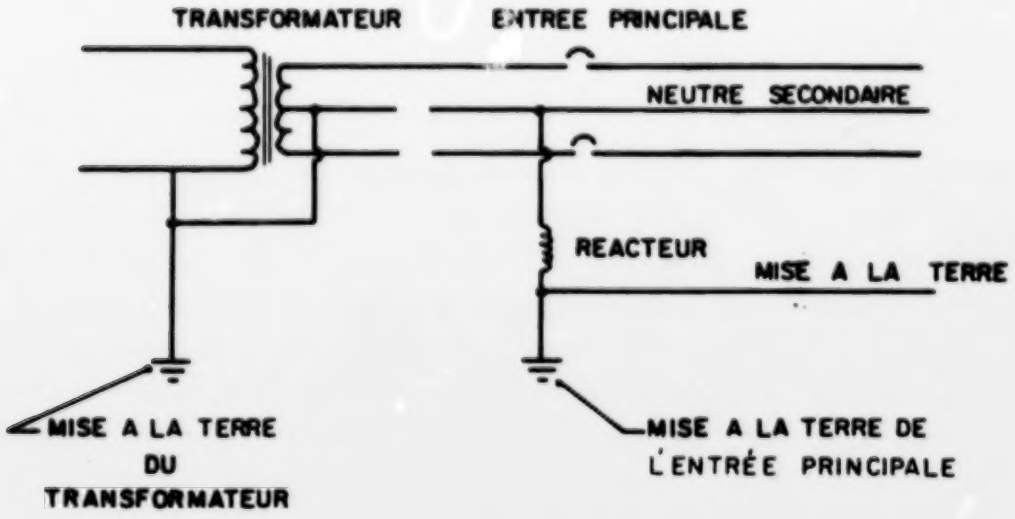


Figure 31: Installation d'un filtre ou réacteur entre la mise à la terre et le neutre secondaire de la ferme.

Il est nécessaire d'installer un bornier séparé de mise à la terre; de plus, il ne doit y avoir aucun lien entre les conducteurs neutres et les conducteurs de mise à la terre des circuits alimentant les charges électriques.

Ce filtre peut réduire d'un facteur de 10 à 15 les tensions parasites sur le neutre primaire. Ce type de filtre est approuvé au Canada.

Le filtre doit être installé par un électricien qualifié; tous les circuits doivent être testés pour l'isolation parfaite des conducteurs neutres et de mise à la terre.

8.2.6 Système auxiliaire actif de mise à la terre

Le système auxiliaire actif de mise à la terre est constitué d'une grille auxiliaire de mise à la terre, d'un amplificateur électronique de compensation et d'une tige de référence. La figure 32 montre les diverses composantes de ce système ainsi que leur raccordement au réseau de distribution de la ferme.

Le système mesure la différence de potentiel Vnt entre la terre et le neutre secondaire à l'aide d'une tige de référence de mise à la terre. La différence de potentiel est transmise à l'entrée de l'amplificateur. L'amplificateur tire un courant Ic du neutre secondaire et injecte le courant dans la grille auxiliaire de mise à la terre (figure 32). Le courant retourne vers le poste électrique à travers la terre. Le courant crée une tension déphasée de 180 degrés par rapport à la tension Vnt; cette tension se soustrait de la tension Vnt, neutralisant ainsi la tension Vnt. La tension parasite sur le neutre est ainsi effectivement supprimée.

La tension peut être réduite à moins de 0.01 volt. La réduction de tension sur le neutre se fait sentir sur toute la ferme et même sur le neutre primaire à proximité de la ferme. Des améliorations rapides de la production laitière ont été

observées suite à l'implantation de cet appareil de suppression des tensions sur le neutre secondaire de la ferme.

L'installation du système auxiliaire actif de mise à la terre a permis de solutionner plusieurs cas graves de tension parasite à la ferme. L'installation du système doit être faite par des techniciens ou des électriciens autorisés par le manufacturier.

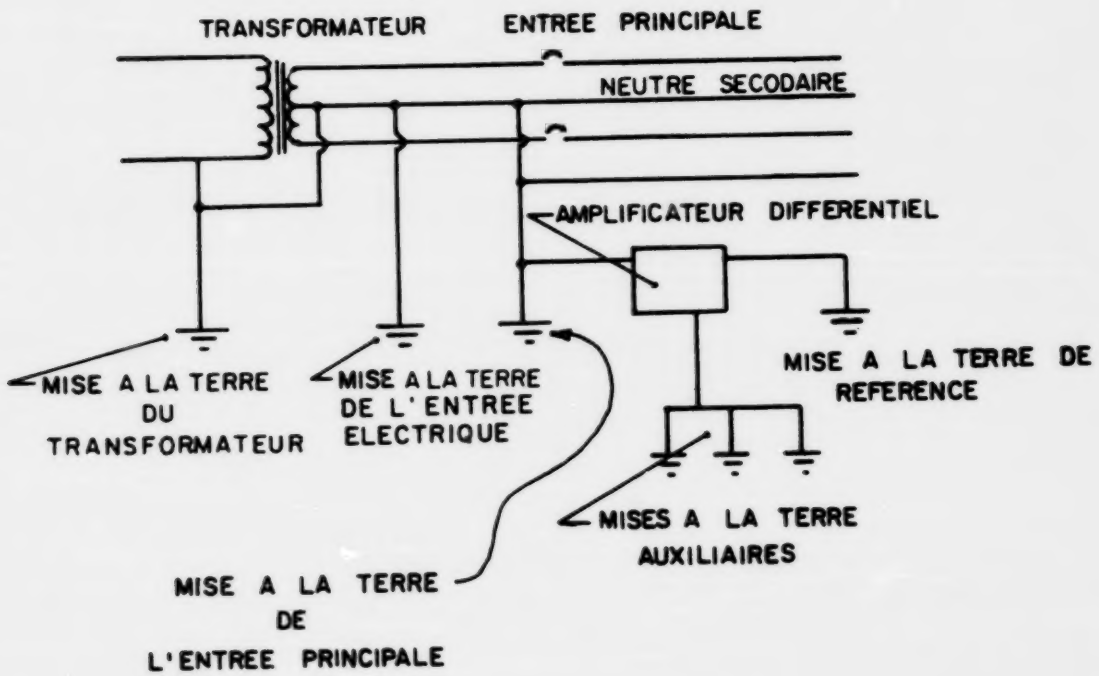


Figure 32: Système auxiliaire actif de mise à la terre.

8.3 Comparaison des dispositifs de suppression des tensions parasites

Le tableau 11 compare à divers points de vue, les diverses méthodes de suppression des tensions parasites à la ferme.

Tableau 11 : Comparaison des divers modes de suppression des tensions parasites

Types	Coût	Installation	Efficacité	Avantage et désavantage
Transformateur isolation	++++	Électricien	Très élevé	- Très coûteux - Très efficace
Séparation neutres P/S	1*	Fournisseur d'électricité	Élevé à Très élevé	- Risque de hausse de tension sur le neutre primaire - Précautions spéciales pour le personnel du fournisseur
Réacteur saturable Filtre au transformateur Neutre P/S	++	Fournisseur d'électricité	Élevé	- Coût faible
Filtre entre neutre et mise à la terre de la ferme	++	Électricien	Élevé	- Coût moyen - Limité à 200 A**
Filtre électronique	+	Fournisseur d'électricité	Élevé	- Coût faible
Système auxiliaire actif de mise à la terre	++++	Technicien Électricien	Très élevé	- Très coûteux - Très efficace

* Le fournisseur assume généralement les coûts.

** Installation possible de deux filtres en parallèle, mais efficacité réduite de moitié.

Les divers dispositifs disponibles pour supprimer ou réduire les tensions parasites sont efficaces à la condition d'être correctement installés.

A l'exception du système auxiliaire actif de mise à la terre, ils n'éliminent pas les problèmes associés aux tensions parasites provenant de la ferme.

Ils n'éliminent pas non plus les tensions provenant d'en dehors de la ferme, mais ils les empêchent d'entrer dans la ferme ou d'atteindre les animaux.

Avant de recourir à ces dispositifs, il faut mieux identifier la source des tensions et les neutraliser si possible.

Le choix des méthodes de suppression des tensions parasites externes doit être basé sur une analyse de chaque ferme, sur les exigences du fournisseur d'électricité ainsi que sur le Code d'Électricité du Québec.

9.0 APPLICATION DES DISPOSITIFS DE RÉDUCTION OU DE SUPPRESSION DES TENSIONS PARASITES AU QUÉBEC

Présentement, quatre méthodes de suppression peuvent être utilisées au Québec pour éliminer ou réduire les tensions parasites, soient :

- le filtre de tension installé à la ferme;
- le transformateur d'isolation;
- la séparation des neutres;
- système auxiliaire actif de mises à la terre.

Les autres types de suppresseurs, bien qu'efficaces, ne sont pas encore autorisés au Québec; ils devront rencontrer les normes du Code d'Électricité du Québec, être homologués par l'Association canadienne de normalisation et approuvés par le fournisseur d'électricité.

A) Filtre de tension à réacteur saturable à la ferme

Un modèle de filtre de tension à la ferme du type réacteur saturable est commercialisé au Québec, le modèle a une capacité de 200 A à 240 volts et 60 H_z. Le modèle de 200 A est conçu pour des entrées électriques de 200 A; il doit être installé par un électricien spécialisé. Tous les circuits et équipements électriques doivent être en parfaite condition, car tout trouble risque de rendre inefficace le filtre.

Le filtre peut être installé dans l'entrée électrique de la ferme ou celle de l'étable laitière. L'installation de deux filtres de 200 A en parallèle dans une entrée électrique de 400 A n'est pas recommandée. En effet, si deux filtres sont raccordés en parallèle, leur résistance combinée est diminuée de moitié et la capacité d'isolation est coupée aussi de moitié. La réduction des tensions parasites peut s'avérer insuffisante dans beaucoup de fermes, lorsque la tension sur le neutre est trop élevée.

B) Transformateur d'isolation

Le transformateur d'isolation est installé à la ferme. Le propriétaire doit en assumer tous les coûts, lesquels sont très élevés. L'isolation entre les neutres secondaire et primaire est habituellement très élevée. Cependant, il faut s'assurer que ceux-ci ne soient pas reliés par le réseau de distribution d'eau, pour éviter le couplage des neutres primaire et secondaire, ce qui neutraliserait l'isolation.

C) Séparation des neutres primaire et secondaire

La séparation des neutres primaire et secondaire est souvent utilisée pour supprimer à la ferme les tensions parasites originant du réseau de distribution moyenne tension du fournisseur d'électricité. Elle doit être effectuée par le fournisseur d'électricité.

Cette méthode est très efficace et ne représente actuellement aucun déboursé de la part du producteur agricole au Québec. Cependant, la séparation des neutres affaiblit les réseaux de mise à la terre du fournisseur d'électricité et de la ferme. Avec la séparation des neutres, la ferme peut ne pas être protégée adéquatement en cas de court-circuit à la ferme ou de chute de la foudre. En cas de chute de la foudre sur la ferme, le courant et la foudre se répartiront aussi bien sur le réseau du fournisseur que sur celui de la ferme, ce qui réduira les surtensions, les risques d'incendie et d'électrocution. La séparation des neutres peut entraîner une hausse des tensions sur le neutre primaire vis-à-vis la ferme séparée; les problèmes de tensions sont alors transportés vers les fermes voisines et peuvent y créer des difficultés sérieuses avec le troupeau.

L'installation d'un filtre, lorsque possible, devrait être préférée à la séparation des neutres car le filtre reconnecte automatiquement les neutres en cas de surtension causée par un court-circuit ou par la foudre. Les risques d'électrocution des animaux et du personnel sont grandement diminués avec son utilisation.

D) Système auxiliaire actif de mise à la terre (figure 31)

Le système auxiliaire actif de mise à la terre est très efficace; compte tenu de son coût très élevé, il devrait être réservé aux fermes présentant des problèmes très graves que ne peuvent résoudre les autres méthodes.

Ce système n'est pas encore homologué pour usage au Québec; cependant, des systèmes sont installés au Québec, en Ontario et au Manitoba à titre expérimental.

9.1 Autres méthodes de suppression

Le filtre à réacteur saturable et le filtre électronique installés entre les neutres primaire et secondaire du transformateur sont aussi efficaces que le filtre installé à la ferme. Ils présentent un avantage important, soit qu'ils ne sont pas rendus inopérants par des troubles électriques aussi facilement que le filtre à la ferme.

Ce type de filtre doit être installé par le fournisseur d'électricité à la place du lien entre les neutres primaire et secondaire du transformateur. Il n'est pas actuellement approuvé pour utilisation au Québec.

10.0 MESURES PREVENTIVES

Les tensions parasites originant de la ferme sont généralement causées par un réseau de distribution surchargé ou en trouble et par des équipements défectueux ou mal entretenus. L'application de mesures préventives est alors la meilleure garantie contre l'apparition de tensions parasites à la ferme.

Les principales mesures préventives sont présentées ci-dessous:

10.1 Entretien du réseau de distribution de la ferme

Il est absolument nécessaire que le réseau de distribution soit conforme au Code d'électricité du Québec, c'est-à-dire installé et entretenu par un maître électricien reconnu.

Le réseau de distribution d'électricité de la ferme doit être maintenu en bon état et entretenu régulièrement comme tous les autres équipements de la ferme. Il est illusoire de penser qu'un réseau fonctionnera sans trouble et sans attention pendant 10 ou 20 ans; l'humidité relative élevée, les gaz corrosifs, les poussières, la vermine et les insectes contribuent à dégrader les performances originales du réseau. Aussi la capacité d'un réseau peut devenir insuffisante avec l'addition de nouveaux équipements.

Au printemps et à l'automne

Vérifier le bon état (corrosion) et la solidité des mises à la terre de l'entrée électrique de la ferme et de celles de chaque bâtiment, la résidence incluse.

Vérifier à l'automne les mises à la terre des lactoducs, des tuyaux d'eau et des pièces métalliques dans la laiterie et dans l'étable.

Annuellement

Nettoyer les coffrets de distribution d'électricité et de contrôle des moteurs.

Vérifier les cordons flexibles et les remplacer si nécessaire.

A tous les deux ans

Vérifier le bon état des mises à la terre des boîtiers des prises de courant, des luminaires et des moteurs.

Vérifier le balancement des charges 120 volts en mesurant le courant dans le neutre secondaire au moment de la traite.

Vérifier les joints sur le neutre secondaire entre le transformateur et la ferme. Un essai de chute de tension sur le neutre secondaire permettra d'identifier les joints lâches ou corrodés.

A tous les cinq ans

Vérifier avec l'électricien et l'ingénieur agricole du MAPAQ si la capacité de l'entrée électrique est adéquate.

10.2 Entretien des équipements électriques

Les équipements doivent être installés selon les normes du Code de l'électricité du Québec et les recommandations des manufacturiers.

Annuellement

Nettoyer les équipements et les moteurs.

Inspecter les mises à la terre des équipements pour joints corrodés ou lâches.

Inspecter l'enveloppe des câbles et des cordons d'alimentation.

Vérifier que le conducteur de mise à la terre (vert ou nu) soit raccordé à la flèche du cordon d'alimentation.

Vérifier l'isolation des câbles contrôlant les pulsateurs électriques.

10.3 Remplacement d'équipement

- Utiliser seulement des moteurs électriques à châssis fermé à la ferme;
- Installer des moteurs 240V pour la ventilation, les pompes et convoyeurs, lorsque les moteurs 120V de ces équipements doivent être remplacés, cette pratique contribuant à réduire le courant dans le neutre secondaire;
- Utiliser des moteurs 240V pour les nouveaux équipements;
- Utiliser des appareils de chauffage 240V;

- Faire effectuer un test d'isolation sur le circuit de contrôle et d'alimentation des pompes à eau lorsque celles-ci sont repavées ou changées.

10.4 Éclairage

- Installer des lampes incandescentes avec protecteur;

- Installer des luminaires fluorescents avec boîtier anti-corrosion et étanche à la poussière et à l'humidité.

10.5 Câblage

- Utiliser seulement des câbles de type NMW-10 concus pour endroits humides;

- Utiliser des boîtiers de raccordement en matière plastique pour les prises de courant, les interrupteurs et les boîtiers de jonction dans les endroits humides, poussiéreux et à atmosphère corrosive. Sceller le câble avec le boîtier;

- Utiliser des cordons d'extension appropriés avec conducteur de mise à la terre pour les équipements mobiles et portatifs.

10.6 Équipement téléphonique

Des équipements téléphoniques de qualité moyenne ou médiocre ont une isolation électrique inadéquate pour les bâtiments de ferme. Un défaut d'isolation produit souvent des tensions parasites.

- Utiliser seulement des appareils de haute qualité à la ferme;

- Utiliser des câbles téléphoniques à enveloppe caoutchoutée à l'épreuve de l'humidité;

- Faire installer l'équipement par du personnel compétent.

10.7 Clôture électrique

- Installer la mise à la terre de la clôture électrique à plus de 15 mètres de la mise à la terre de tout bâtiment de la ferme, d'un puits ou de la mise à la terre du transformateur;

- Utiliser un conducteur isolé en cuivre et une tige de mise à la terre de 2 mètres de longueur pour mettre à la terre le générateur d'impulsion de la clôture électrique;

- Ne pas placer dans l'étable le générateur d'impulsions et les conducteurs pour la clôture ou le dresseur électrique. Tout défaut dans l'isolation des conducteurs peut induire des tensions sur les équipements dans l'étable.

11.0 DÉTECTEUR DE TENSIONS PARASITES

Le détecteur de tensions parasites permet de détecter la présence d'une tension excédant 0.5 Volt sur le neutre secondaire de la ferme. Il n'indique pas l'amplitude ni le moment exact d'apparition de la tension. La figure 33 illustre un modèle de détecteur de tensions parasites.

Le détecteur de tensions parasites doit être installé soigneusement; la lecture de tension est effectuée entre une mise à la terre de référence et le neutre secondaire de la ferme. Il est alimenté par un transformateur isolé. La figure 33 illustre le diagramme de raccordement du détecteur de tension. Le détecteur peut être installé dans la laiterie ou le bureau.

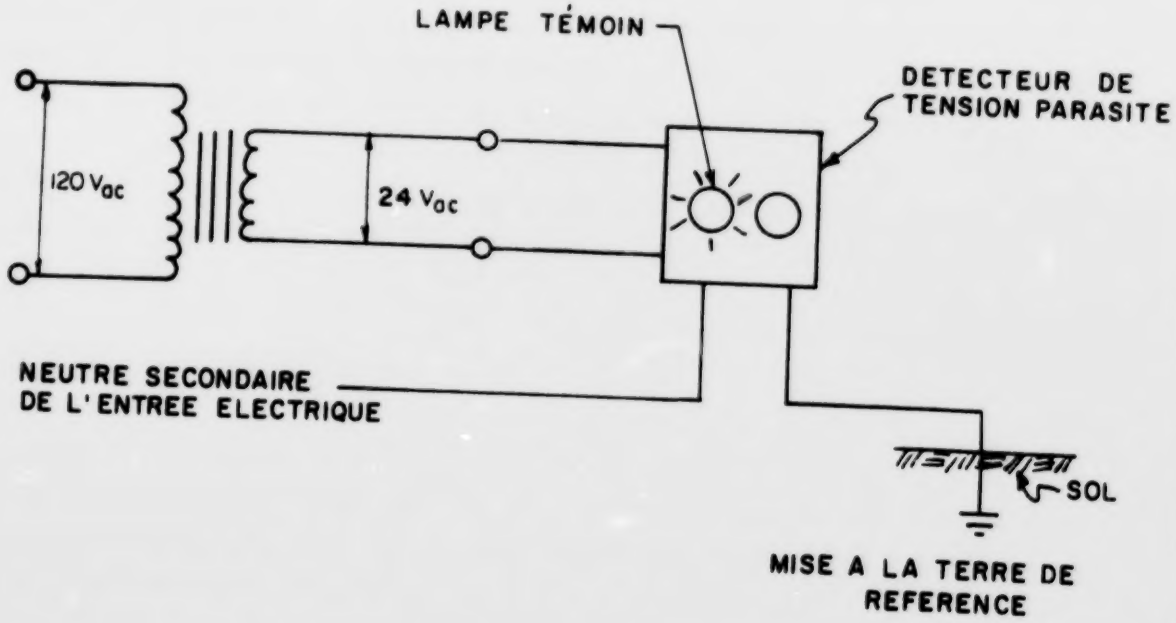


Figure 33: Diagramme de raccordement du détecteur de tensions parasites.

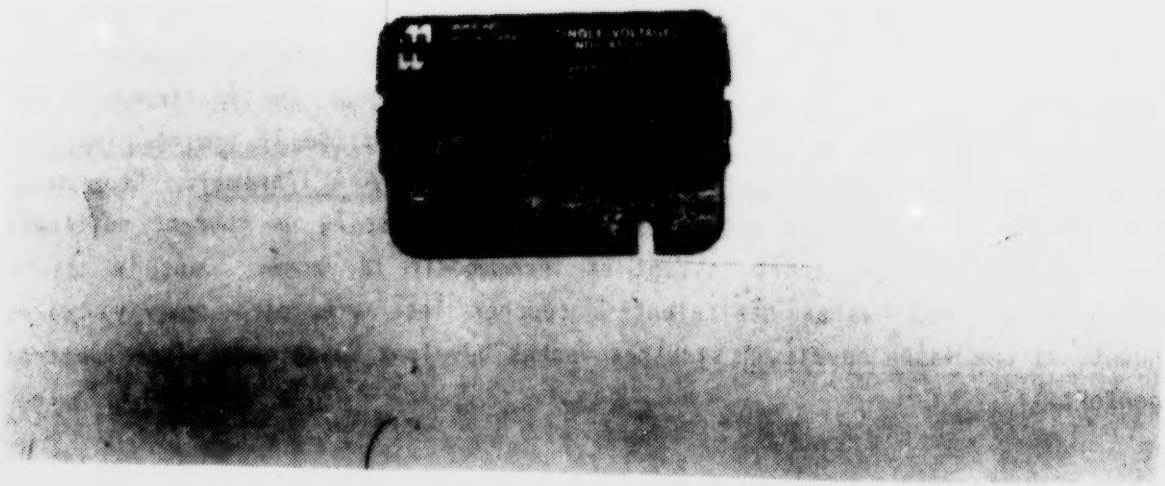


Photo K: Détecteur de tension parasite.

12.0 SOURCES DE TENSIONS INDUITES

Les tensions peuvent être induites sur les conducteurs ou les équipements métalliques non mis à la terre et situées dans la salle de traite ou l'étable. L'électricité statique s'accumule alors sur ces équipements isolés électriquement. Les dresseurs électriques et les conducteurs électriques situés dans l'étable peuvent aussi induire des tensions qui incommodent les vaches.

La littérature rapporte deux cas impliquant des vaches dans une étable à attaches. Dans un cas, le conducteur d'un dresseur électrique installé parallèlement à un lactoduc en acier inoxydable isolé, induisait des tensions dans le lactoduc. Dans l'autre cas, le câble d'un dresseur installé à 0.6 m d'un tuyau d'aqueduc induisait dans l'aqueduc une tension de 0.6 volt. Le tuyau était isolé du puits et de la pompe par une section de tuyau en plastique PVC flexible. Dans chacun des cas, une tension de 2 à 4 volts était mesurée entre les tuyaux et le plancher ou une surface mise à la terre. La tension diminuait à zéro lorsqu'une résistance de 350 ohms était insérée aux bornes du multimètre. Ceci indique que la source n'est pas capable de faire circuler un courant suffisant pour nuire à l'animal. Cependant, lors du contact initial de la vache avec l'équipement isolé, un courant suffisant circulait pendant un très court instant et incommodait la vache. Dans le cas du tuyau d'aqueduc, les vaches hésitaient à toucher les abreuvoirs pour y boire. Cependant, si une vache buvait, les autres vaches buvaient aussi sans signe apparent d'inconfort.

Pour mesurer les tensions induites ou l'électricité statique sur les conducteurs et équipements métalliques non mis à la terre, il faut utiliser un multimètre ayant une impédance supérieure à un million d'ohms. Un multimètre numérique convient très bien. Il faut aussi utiliser une mise à la terre de référence.

Si la tension parasite est une tension induite ou de l'électricité statique, la mise à la terre des équipements et l'éloignement ou l'élimination des câbles des dresseurs dans l'étable devrait résoudre le problème.

Au Québec, deux cas de tension induite ont été observés. Dans le premier cas, le neutre primaire comportait plusieurs joints résistifs en mauvais état et des tensions induites de plusieurs dizaines de volts existaient sur le neutre. Des tensions de 2 à 20 volts induites par une station radiophonique ont été observées durant le jour sur le neutre secondaire d'une ferme et sur un lactoduc non isolé d'une autre ferme. La réfection de l'entrée électrique et de l'artère aérienne alimentant la ferme a éliminé les tensions induites.

Les tensions, dans le second cas, étaient surimposées sur le lactoduc par les pulsateurs. L'installation d'un conducteur isolé séparé pour retourner le courant a éliminé le problème. L'utilisation du lactoduc pour retourner le courant des pulsateurs, peut causer des tensions parasites. Un conducteur isolé doit être utilisé pour retourner le courant des pulsateurs vers le boîtier de contrôle des pulsateurs.

Si le problème existe seulement lorsque l'on place l'équipement laitier sur la vache et durant la traite, les circuits de contrôle et le câblage devraient être vérifiés.

13.0 PLAN ÉQUIPOTENTIEL

La suppression des tensions parasites dans les salles de traite est souvent très difficile. Il faut alors recourir au plan équipotentiel.

Le plan équipotentiel est constitué d'un treillis métallique placé dans le plancher de béton et raccordé à la mise à la terre du bâtiment. Il maintient un potentiel uniforme entre le plancher et les équipements métalliques dans la salle de traite de telle sorte que l'animal n'est soumis à aucune différence de potentiel et ne peut ainsi prendre de choc. Le treillis métallique est aussi raccordé à tous les équipements métalliques (figure 34).

L'installation d'un plan équipotentiel dans un parloir de traite existant est très coûteux et des suppresseurs de tension devraient être installés avant de songer à installer un treillis et de couler un nouveau plancher de béton.

Le plan équipotentiel est recommandé dans les nouveaux parloirs de traite.

Dans le cas des étables à attaches, les coûts d'installation d'un plan équipotentiel sont très élevés, de telle sorte qu'il est généralement préférable d'opter pour une autre méthode de contrôle des tensions parasites.

Un treillis métallique soudé de jauge 9 ou 10 est installé dans le plancher du parloir et dans le puits de traite, tel qu'illustré à la figure 33. Un treillis ayant des mailles de 100 x 100 mm jusqu'à 150 x 150 mm est acceptable. Le treillis doit être recouvert d'une couche de béton ayant une épaisseur maximale de 50 mm. Le treillis doit être raccordé aux grilles, poteaux et stalles, à l'aide de câbles soudés aux parties métalliques et ce, pour obtenir une efficacité maximale.

Une transition entre l'étable et la salle de traite doit être prévue. Cette transition produit une chute graduelle de tension lorsque l'animal passe de l'étable

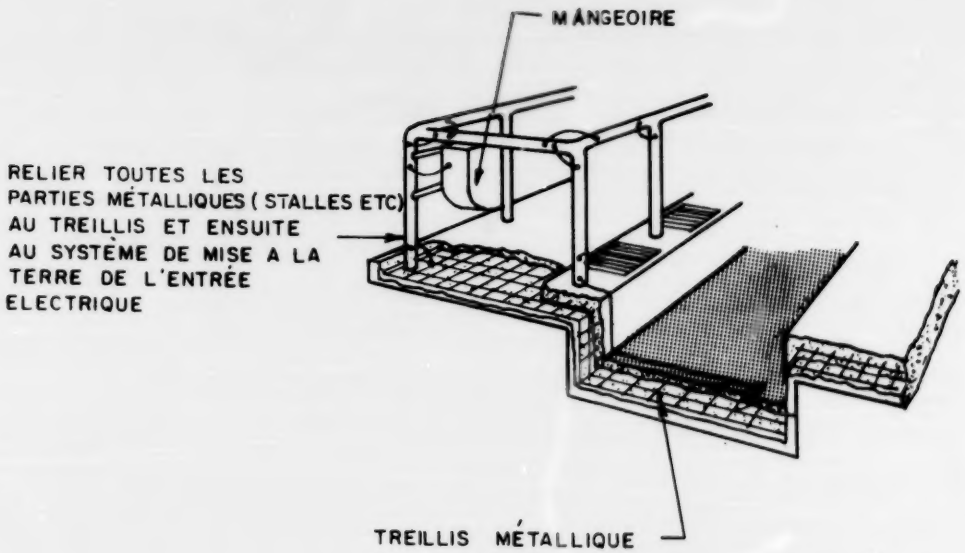


Figure 34: Illustration d'un plan équipotentiel constitué d'un treillis métallique auquel sont reliées toutes les parties métalliques d'une salle de traite.

à la salle de traite, ce qui de cette façon incommode peu ou pas l'animal. Pour construire une transition, il faut souder un treillis métallique ou des barres d'acier espacées de 150 mm au treillis du plan équipotentiel, à l'entrée et à la sortie de la salle de traite. Le treillis où les barres ont une longueur de 4 à 6 mètres et sont enfoncées graduellement à une profondeur de 0.6 mètre dans le béton et le sol sousjacent (voir figure 35).

L'emploi d'un tapis de caoutchouc n'annule pas les effets des tensions parasites, car celui-ci absorbe l'eau et conduit ensuite l'électricité; il perd alors son efficacité comme isolant.

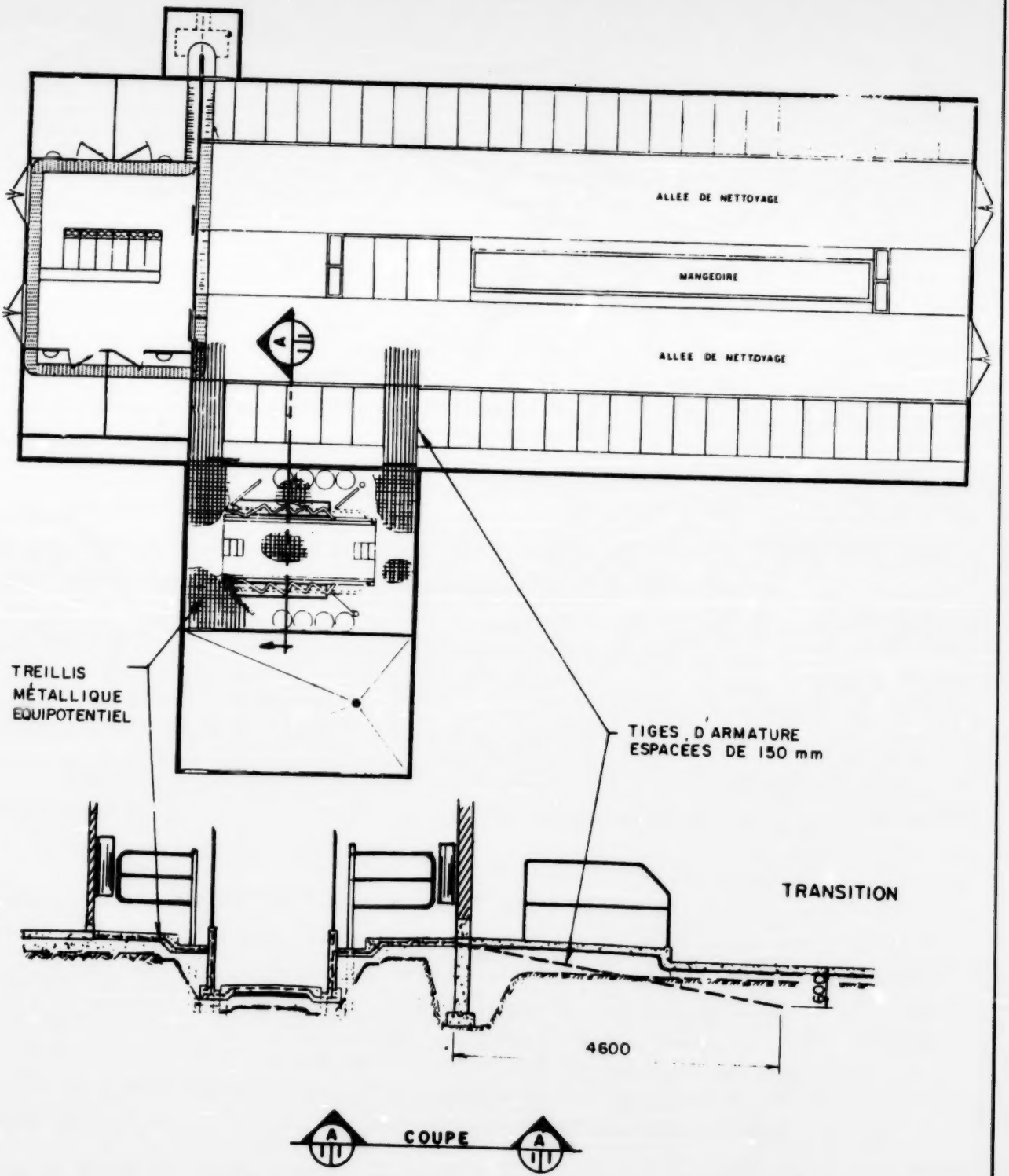


Figure 35: Transition créant une chute graduelle de tension entre l'étable et la salle de traite.

14. FICHE D'ANALYSE DES TENSIONS PARASITES A LA FERME

A. DESCRIPTION DES RÉACTIONS DES ANIMAUX

1. TYPE D'ANIMAUX: _____

2. DESCRIPTION SOMMAIRE:

- ☐ Animaux nerveux
- ☐ Animaux hésitants
- ☐ Lactation inégale
- ☐ Mammite
- ☐ Autres: _____
- ☐ Baisse de production
- ☐ Avortement
- ☐ Diarrhée
- ☐ Constipation

3. QUAND LE PROBLÈME A-T-IL ÉTÉ NOTÉ POUR LA PREMIÈRE FOIS? _____

4. EST-CE QUE LES ANIMAUX RÉAGISSENT TOUS? ☐ Oui ☐ Non

5. OÙ OBSERVE-T-ON LA RÉACTION? _____

6. EST-CE QUE LA RÉACTION EST? ☐ continue ☐ périodique

7. LE PROBLÈME EST PLUS NOTABLE: ☐ matin ☐ soir ☐ tout le temps

8. LE PROBLÈME EST PLUS ÉVIDENT PAR TEMPS: ☐ humide ☐ sec

9. EST-CE QUE QUELQU'UN A DÉJA PRIS DES CHOCS OU VU DES ÉTINCELLES?
☐ oui ☐ non

10. TROUBLES RÉCENTS AVEC ÉQUIPEMENTS ☐

OBSERVATIONS ET/OU COMMENTAIRES:

Moteur : _____

Éclairage : _____

Chauffe-eau : _____

11. Pompe à eau - Date d'installation:_____

☐ Moteur 120V ☐ 240V

B. SCHÉMA: RÉSEAU DE DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE A LA FERME

1. DIAGRAMME DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION

Date:

Installation_____ Entrée de la ferme_____Ampères_____

– Le diagramme de la ferme doit montrer tous les bâtiments et la localisation des mises à la terre et du transformateur. Indiquer la capacité nominale de l'entrée électrique de chaque bâtiment (en ampères).

DÉCRIRE L'ÉTAT GÉNÉRAL DU CABLAGE DANS L'ÉTABLE OU LA PORCHERIE

- ☐ Bon état, propre et bien tenu
- ☐ Bon état, mais poussiéreux et sale
- ☐ Corrosion, absence de couvercles sur les boîtes de jonction, les interrupteurs et les prises de courant
- ☐ Mauvais état et besoin de réparations
- ☐ Mauvais état ou absence de mises à la terre

3. COMMENTAIRES SUR LE CABLAGE ET L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRONIQUE:

TENSIONS DURANT LA PÉRIODE DE TRAITE

C. MESURE DES TENSIONS PARASITES

Mesurer les tensions parasites entre une tige de mise à la terre de référence et le neutre secondaire. Mesurer aussi les courants dans l'entrée des batiments et de la ferme.

1. MESURE DES COURANTS DANS LES CONDUCTEURS L_1, L_2 ET DANS LE NEUTRE ET DE TENSIONS PARASITES DANS LES ENTRÉES ÉLECTRIQUES.

Endroit de la mesure	I_1	I_2	I_N	Tensions sur le neutre		Heure
Entrée électrique principale				V	V	
Étable laitière				V	V	
Résidence				V	V	
Porcherie				V	V	
				V	V	

UTILISER UNE RÉSISTANCE DE 1000 A 10000 OHMS - RÉSISTANCE UTILISÉE: _____

2. LORS DES MESURES, LE SOL ÉTAIT: ☐ Humide ☐ Sec

3. NOTER LES CHARGES 120 V QUI FONT VARIER LES TENSIONS SUR LE NEUTRE SECONDAIRE:

_____

_____

4. NOTER LES CHARGES 240V QUI FONT VARIER LES TENSIONS SUR LE NEUTRE SECONDAIRE:

_____

_____

5. LORSQUE LA POMPE A EAU DÉMARRE, NOTER LE CHANGEMENT DANS LES LECTURES DE TENSION

_____

_____

6. ENREGISTRER LA TENSION SUR LE NEUTRE LORSQUE LA CLOTURE ÉLECTRIQUE OU LE DRESSEUR FONCTIONNE :

_____

_____

La mise à la terre de la clôture doit être située à 15 mètres (50') et plus de la mise à la terre de la ferme.

A noter que l'utilisation d'un dresseur électrique n'est pas recommandée dans les étables laitières.

7. TENSION DC SUR LE NEUTRE SECONDAIRE: _____

8. MESURER AVEC L'ENREGISTREUR GRAPHIQUE LES:

tensions entre le neutre secondaire de la ferme et une tige de mise à la terre de référence.

Mesurer avec et sans résistance shunt.

PÉRIODE DE MESURE AVEC L'ENREGISTREUR

DE _____ A _____

9. OBSERVATIONS ET COMMENTAIRES: _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

D. MESURE DE LA RÉSISTANCE DES MISES A LA TERRE A LA FERME

Date:_____

La résistance est mesurée à l'aide d'un ohmmètre (earth tester). La mesure est prise en suivant la procédure suggérée pour le megger. Pour mesurer la résistance d'une tige, déconnecter le conducteur de mise à la terre.

1. Résistance des mises à la terre à la ferme

Entrée électrique principale	___ ohms
Résidence	___ ohms
Étable laitière	___ ohms
Porcherie	___ ohms
Garage	___ ohms
Remise	___ ohms
Pompe à eau	___ ohms

- Ferme

Pour mesurer la résistance de la mise à la terre de la ferme, il faut débrancher le neutre secondaire du neutre primaire. Les mises à la terre sont toutes raccordées solidement.

Résistance _____ ohms

2. Résistance du réseau moyenne tension _____ohms

La résistance du réseau peut être mesurée seulement par le fournisseur d'électricité. La résistance du neutre primaire indique une estimation de celle du réseau du distributeur vu de la ferme.

E. IDENTIFICATION DES SOURCES DE TENSIONS PARASITES

Si les tensions sont inférieures à 0.5V, il ne devrait pas exister de problèmes dus aux tensions parasites avec les vaches. La tension peut être périodique. L'agriculteur devrait noter les périodes où il y a des problèmes avec les animaux. Noter la date et les conditions atmosphériques. Cette information est nécessaire pour la recherche de solutions.

Raccorder un voltmètre entre une tige de mise à la terre de référence et la mise à la terre de l'entrée électrique principale de la ferme.

1. OUVRIR L'INTERRUPTEUR OU DISJONCTEUR DE L'ENTRÉE PRINCIPALE DE LA FERME:

   _____V

   (Si presque toute ou toute la tension demeure, la source est extérieure à la ferme. Sinon, fermer l'interrupteur et poursuivre les investigations).

2. OUVRIR UN PAR UN LES INTERRUPTEURS DE SECTIONNEMENT DE CHACUN DES AUTRES BATIMENTS. (Refermer l'interrupteur). Répéter l'opération pour chaque bâtiment.

Bâtiment	Tension sur le neutre secondaire
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V
_____	_____V

SI VOUS OBSERVEZ DES CHANGEMENTS MAJEURS A L'ÉTAPE 2, EFFECTUER LE TEST SUIVANT POUR CE BATIMENT EN PARTICULIER.

3. OUVRIR TOUS LES CIRCUITS DU BATIMENT. AUCUN ÉQUIPEMENT NE FONCTIONNE. POUR CHACUN DES CIRCUITS, REFERMER LE DISJONCTEUR OU VISSER LE FUSIBLE: MESURER LA TENSION SUR LE NEUTRE ET OUVRIR LE CIRCUIT. RÉPÉTER LA PROCÉDURE POUR TOUS LES AUTRES CIRCUITS.

Circuit	Tension	Circuit	Tension
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V
_____	____V	_____	____V

Opérer les thermostats pour forcer l'opération des ventilateurs et des chaufferettes électriques. Si le problème semble provenir d'un circuit, alors inspecter le câblage de ce circuit et des circuits de commande. Faire effectuer un test d'isolation.

Si les circuits de 120V affectent les lectures, effectuer le test suivant pour ce bâtiment.

4. OUVRIR TOUS LES CIRCUITS 120 V DANS LE PANNEAU DE DISTRIBUTION: METTRE EN MARCHE DES CIRCUITS 120V POUR OBTENIR UN COURANT DE 15 A 20A (PINCE AMPÈREMÉTRIQUE) DANS LE NEUTRE SECONDAIRE DU BATIMENT ET AVOIR UN COURANT DANS L_1 ou L_2, MAIS NON DANS LES DEUX ENSEMBLE.

Les variations de tension avec les circuits 120V peuvent être dues à de mauvais raccords, à un courant excessif dans le conducteur neutre (10A) de l'entrée ou à un conducteur neutre trop petit.

Avec les charges 240V, les variations de tension sont dues, soit au réseau moyenne tension, soit à des défauts du câblage ou à des circuits de contrôle défectueux.

Contacter le fournisseur d'électricité pour effectuer des essais de résistance de mise à la terre du neutre primaire et la vérification de leur équipement après s'être assuré que les circuits 120 et 240V de la ferme sont en bon état.

F. ANALYSE DES RÉSULTATS

1. CONCLUSIONS: _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

2. RECOMMANDATIONS: _____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

NOM DES PERSONNES QUI ONT RÉALISÉ LES TESTS:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

15.0 CONCLUSION

Comme nous avons pu le constater, le problème des tensions parasites peut être très grave et être dans certains cas très complexe à solutionner.

Pour saisir le contenu de ce document, il importe de bien comprendre les notions d'électricité reliées à l'opération des réseaux de distribution électrique.

Cependant, une fois ces données de base acquises, ce texte fournit toutes les informations requises pour résoudre les problèmes de tensions parasites rencontrés et ce, en expliquant les procédés de mesure, les modes de détection, en identifiant les sources, puis en présentant les diverses méthodes de réduction et de suppression de tensions parasites.

De plus, pour réduire au minimum les risques ou l'incidence des tensions parasites, une série de mesures préventives est listée et expliquée dans ce texte.

A la lumière des informations contenues dans ce texte, nous croyons que les divers intervenants (ingénieurs, techniciens, etc.) sont maintenant en mesure de résoudre efficacement la majorité des problèmes de tensions parasites rencontrés dans les fermes.

16.0 BIBLIOGRAPHIE

ASAE, 1984, National Stray Voltage Symposium. Proceedings, 10-12 octobre 1984, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan.

Boily, Régis, 1981. Courants de fuite dans les vacheries. Définition, effet et correction. Conférence présentée au 9e Colloque de Génie Rural. Département de Génie Rural, Université Laval, Sainte-Foy, Québec.

Boily, Régis, 1986. Méthodes de réduction et d'élimination des tensions parasites. Conférence présentée au 13e Colloque de Génie Rural. Département de Génie Rural, Université Laval, Sainte-Foy, Québec.

Cloud, H.A., R.D. Appleman et R.J. Gustafson. 1980. Stray voltage problems with dairy cows. North Central Regional Extension Publication No 125. University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota.

Gustafson, R.J. 1984. Instrumentation for stay voltage. Proceedings of the National Stray Voltage Conference. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan.

Surbrook, T.C. et N. Reese. 1981. Stray voltages on farms. Identifying and eliminating stray voltage effects. Cooperative Extension Service, Michigan State University, East Lansing, Michigan.

Les tensions parasites. 1986. Compte rendu du 13e Colloque de Génie Rural, 29 janvier 1986. Département de Génie Rural, Université Laval, Québec, G1K 7P4.

Les tensions parasites dans les bâtiments de ferme. 1984. Gouvernement du Québec, ministère de l'Habitation et de la Protection du Consommateur, Québec.

Gouvernement du Québec
**Ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation**

1986-.6